**M. NORBERT**

Professeur de l'Enseignement Technique

# AIDE-MÉMOIRE

## de l'élève dessinateur

**Edition Nouvelle**

1964-1965

PELADAN - LE CANNELLIER

Editions de la Capitelle

— UZES (Gard) —

Réf. : A.M.

730e mille

## Chez les mêmes Editeurs

# A l'usage des lycées techniques

M. NORBERT : **COURS DE DESSIN TECHNIQUE ET DE CONSTRUCTION MECANIQUE**

**1ère partie.** Classe de 4ème moderne : Un volume de 100 pages, format 220 × 280. **Edition nouvelle.**

**2ème partie.** Classe de 3ème : Un volume de 110 pages, format 220 × 280 **Edition nouvelle**

**3ème partie.** Classes de 2e, 1e, TM et TI.

**Tome 1. Technologie** : Un volume de 150 pages, format 220 × 280.

**Tome 2. Dessin** : Un recueil de 60 planches, avec notice de 75 pages. **Edition nouvelle.**

**Exercices de dessin de machines électriques.** Classes de 2ème et 1ère. Un recueil de 30 planches, format 210 × 297, avec notice explicative

A. AUGER : **COURS DE SCHEMAS D'ELECTRICITE**

**1ère partie.** Classe de seconde : Une série de 28 planches, avec notice de 50 pages, sous fort emboîtage « Rigidex »

**2ème partie.** Classe de première : Un volume de 115 pages, format 230 × 320.

# A l'usage des sections de techniciens

BOYER - NORBERT - PHILIPPE : **COURS DE CONSTRUCTION DU MATERIEL ELECTRIQUE**

**1ère partie. Matériaux de construction électrique** : Un volume de 220 pages, format 220 × 280.

**2ème partie. Appareillage** : Un volume de 260 pages, format 220 × 280.

**3ème partie. Machines électriques** : Un volume de 210 pages, format 220 x 280.

**4ème partie. Production, transport, distribution de l'énergie électrique** : paraîtra en 1965.

**6ème partie : Algèbre de Boole, relais statiques, automatisation :** paraîtra en 1965

# A l'usage des collèges d'enseignement technique

RACLE ET BILLES : **RESUME ET SUJETS DE DESSIN TECHNIQUE**

VERDEIL : **A.B.C. DU BATIMENT.** (Edition nouvelle, revue et complétée)

**M. NORBERT**

Professeur au Lycée Technique de Nîmes

# AIDE-MÉMOIRE

## de l'élève dessinateur

**A l'usage des élèves des sections industrielles de toutes les écoles techniques :**

Lycées Techniques — Collèges d'enseignement technique
Sections modernes de Collèges et de Lycées
Sections de Techniciens — Ecoles d'Ingénieurs
Ecoles d'Apprentissage, Cours Professionnels, etc.

**Edition 1964 - 1965**

PELADAN - LE CANNELLIER
Editions de la Capitelle
— UZÈS (Gard) —

# AVANT-PROPOS

*Le but de cet ouvrage est de donner aux Elèves des Ecoles professionnelles tous les renseignements dont ils peuvent avoir besoin, en classe de dessin, au cours de leur scolarité, et de faciliter ainsi le travail des professeurs. Pour cela, nous avons dû y incorporer un certain nombre de tableaux donnant les formes et les dimensions des organes d'assemblages les plus courants : vis — boulons — écrous, etc., et nous tenons à remercier le Comité de Normalisation de la Mécanique qui a bien voulu nous autoriser à publier des extraits des normes C.N.M.*

*Nous tenons à préciser que :*

*1° Les reproductions contenues dans ce livre sont seulement des extraits, ne donnant, pour la plupart des organes, que les dimensions principales.*

*2° Ces extraits ne sont donnés qu'à simple titre d'exercices de dessin, pour habituer les élèves à la consultation des normes.*

*3° Enfin, bien que ce livre soit remis à jour annuellement, il peut se faire que certaines reproductions ne soient momentanément pas au courant des dernières normes parues.*

*Ce livre ne saurait donc remplacer dans la pratique la consultation des normes officielles, elles-mêmes, dans la dernière édition en vigueur. Seules les normes originales font foi.*

*M. NORBERT.*

## Edition 1964-1965

### *Modifications apportées à l'édition précédente*

1. **Normalisation du dessin** : cotation des chanfreins, des éléments équidistants, des filetages.
2. **Normalisation des éléments d'assemblage :**
   - Vis à six pans creux.
   - Vis de pression
   - Ecrous à créneaux et à oreilles
   - Rondelles Grower

# I. - GÉNÉRALITÉS



## 1. BUT DU DESSIN INDUSTRIEL.

Le dessin industriel a pour but la représentation de machines et d'appareils de toutes sortes ; il est utilisé dans toutes les industries. Au stade de la recherche, il permet aux ingénieurs et aux dessinateurs de traduire leurs projets et calculs sous forme de documents graphiques ; au stade de la fabrication, ces documents permettent aux techniciens des bureaux de fabrication et des différents ateliers d'étudier, puis de réaliser la fabrication, la vérification, puis le montage des différentes pièces de l'appareil à construire. Le dessin industriel sert donc d'intermédiaire entre les techniciens qui conçoivent un appareil et ceux qui le réalisent ; il peut se présenter sous diverses formes, aux différentes étapes entre la conception et la réalisation.

## 2. CLASSIFICATION DES DESSINS.

1. **Dessins de conception :** dessins traduisant les premiers travaux et calculs du bureau d'études en vue d'une construction nouvelle ; ils se présentent sous forme d'épures, de diagrammes, d'avant-projets avec feuilles de calcul, de projets.
2. **Dessins de définition de produit fini :** ces dessins, établis par les dessinateurs du bureau d'études à partir des dessins de conception, doivent définir chaque pièce complètement et sans ambiguïté, et préciser toutes les exigences auxquelles elle doit satisfaire pour qu'elle soit apte à remplir son rôle dans l'ensemble de l'appareil ; en cas de désaccord entre les services de conception et ceux de réalisation, les dessins de définition sont destinés à faire foi, et rien ne doit y être modifié sans l'assentiment du bureau d'études.
3. **Dessins de fabrication :** ces dessins, établis par les services de préparation du travail à partir des dessins de définition, donnent tous les renseignements nécessaires pour fabriquer et contrôler chaque pièce, en fonction du procédé de fabrication choisi ; ils peuvent comprendre :
   - des **dessins d'opération,** correspondant à chaque phase de la fabrication ;
   - des **dessins d'assemblage,** montrant le montage d'ensembles partiels ou de l'ensemble complet de l'appareil à construire ;
   - des **dessins de vérification,** indiquant le procédé de vérification de chaque pièce.
4. Tous ces dessins se présentent, soit sous forme de **dessins d'ensemble** (projets et dessins d'assemblage par exemple), soit sous forme de dessins d'une pièce isolée, dits **dessins de détail** (dessins de définition et dessins d'opération par exemple).
5. **Autres formes.** Le dessin industriel peut encore se présenter sous forme de :
   a) **Schémas :** dessins très simplifiés, n'obéissant pas aux règles du dessin technique, et destinés à montrer clairement les liaisons entre les différents éléments d'un ensemble, ceux-ci étant souvent représentés par des symboles ; ex. : schéma d'installation électrique, sanitaire, de chauffage, etc.
   b) **Dessins géométriques :** tracé de courbes de mécanique, d'épures de géométrie descriptive, permettant la résolution graphique de problèmes techniques ; ils doivent être faits avec une grande précision.

c) **Croquis :** dessins rapides, faits le plus souvent sans instruments, en perspective ou en projections.

d) **Dessins de catalogues :** dessins destinés aux utilisateurs des appareils, et indiquant le montage et le fonctionnement de ceux-ci ; ils sont souvent faits en perspective.

6. **Dessins scolaires :** ils peuvent comporter l'étude d'une pièce ou d'un appareil entièrement donné (exercice de lecture de dessin), ou déterminé d'une façon incomplète ou même schématique (dessin de construction) ; ils peuvent être exécutés avec les instruments (mise au net), ou à main levée (croquis). (Voir pages 83 à 89).

## 3. BASES DE L'ÉTUDE DU DESSIN INDUSTRIEL.

1. **Apprentissage manuel :** étude des instruments de dessin et de leur emploi.
2. **Bases théoriques.**
   a) **Etude des constructions géométriques** utilisées en dessin : cette étude développe l'habileté manuelle des élèves et les habitue à travailler avec précision. (Voir pages 8 à 21).
   b) **Notions de géométrie descriptive** nécessaires pour la détermination des sections planes et des intersections de solides. (Pages 22 à 39).
   c) **Etude des méthodes de représentation** des solides : projections et perspective. (Voir pages 40 à 44, 50 à 53).
   d) **Etude des conventions normalisées** du dessin industriel. (P. 44 à 82).
3. **Bases techniques :** étude de la technologie de construction ; cette étude est nécessaire pour la compréhension des pièces dessinées, en lecture de dessin ; elle est indispensable pour la résolution des problèmes techniques posés par le dessin de construction. (Voir « Cours de Dessin », 3e partie).

## 4. MATÉRIEL DU DESSINATEUR.

Pour bien dessiner, il faut être muni d'un matériel de bonne qualité, maintenu constamment en bon état. Voici la liste du matériel nécessaire :

**Planche à dessin,** de dimensions variables suivant le format adopté.

**Papier à dessin.**

**Crayons ;** deux au moins sont nécessaires : un crayon dur (n° 4, 2H ou 3H), l'autre mi-dur (n° 3 ou HB).

**Gomme à crayon.**

**Gomme à encre.**

**Pochette de compas** comprenant :

un **compas** avec ses accessoires : porte-mines, tire-lignes, rallonge ; la pointe sèche doit être de longueur réglable, les 2 branches doivent être articulées.

un **tire-lignes.**

un **balustre** à encre et à crayon.

**Té,** de longueur correspondant à celle de la planche.

**Equerre à 60°,** assez grande.

**Equerre à 45°.**

**Règle graduée** ou triple décimètre.

**Encre de chine,** noire, en tube ou en flacon.

**Plumes à palette,** pour l'écriture bâton (1/2, 1, 1,5, 2 mm)

**Porte-plume.**

**Rapporteur,** de grandes dimensions.
**Boîte de punaises.** **Affûtoir.** **Canif.**
**Chiffon** ou morceau de peau de chamois.

## 5. EMPLOI DES INSTRUMENTS.

**Crayons :** les tailler sur une longueur de 20 mm environ ; longueur de la mine : 6 à 8 mm ; les affûter souvent, le crayon dur avec une pointe très fine.

Employer le crayon dur pour l'esquisse (trait fin et léger), la mise au net des axes, des hachures, des lignes de cote et de rappel, et de façon générale de tous les traits fins des dessins arrêtés au crayon (trait fin et net). Employer le crayon mi-dur pour la mise au net des traits forts et mi-forts, des flèches, des chiffres, des écritures des dessins arrêtés au crayon.

**Gommes :** frotter doucement, sans appuyer, même avec la gomme à encre ; après emploi de cette dernière, lisser le papier avec un crayon tendre, avant de passer de l'encre sur la partie gommée, pour que le papier ne fasse pas buvard.

**Té :** l'appuyer exclusivement contre le petit côté gauche de la planche ; le déplacer avec la main gauche en le maintenant appliqué contre la planche.

**Equerre :** la placer sur le té ; le glissement de l'équerre sur le té, et du té sur la planche permet le tracé des verticales et des horizontales ; l'emploi combiné de la règle et de l'équerre permet le tracé des parallèles et perpendiculaires dans des directions quelconques. Les équerres servent de plus à tracer les angles de 30°, 60° et 45°.

**Compas.**

a) **Esquisse :** le compas sert à tracer les cercles et à reporter les longueurs ; employer le porte-mine portant une mine dure et bien affûtée ; vérifier que les deux branches du compas ont la même longueur ; prendre les dimensions sur la règle graduée ou sur l'échelle graphique avec le compas et les reporter sur le dessin ; pour les parties symétriques, porter les dimensions par moitié de chaque côté de l'axe.

b) **Mise au net au crayon :** employer une mine mi-dure.

c) **Mise au net à l'encre :** fixer le tire-lignes sur le compas ; vérifier l'égalité de longueur des 2 branches ; couder les branches pour les cercles de grand rayon, et employer la rallonge si c'est nécessaire, afin que les 2 pointes soient à peu près perpendiculaires à la feuille de dessin.

**Tire-lignes :** mettre l'encre entre les becs avec une plume d'oie, ou un tube d'encre, la pointe du tire-lignes étant dirigée vers le bas ; hauteur d'encre : 5 à 6 mm ; les faces extérieures du tire-lignes doivent être exemptes d'encre. Appuyer le tire-lignes contre le té, la règle plate ou l'équerre, la vis vers l'extérieur ; le tenir légèrement incliné dans le sens du tracé. Nettoyer fréquemment le tire-lignes en passant un chiffon entre les becs.

**Conseils.**

Dessiner avec les mains propres.
Tenir le té, les équerres et règles toujours propres.
Nettoyer souvent le tire-lignes, notamment après usage.
Affûter souvent le crayon.
Ne rien poser sur le dessin, sauf le té et l'équerre.

# II. CONSTRUCTIONS GÉOMÉTRIQUES

Ce chapitre ne renferme que les constructions utilisées le plus fréquemment en dessin industriel et en traçage ; en plus des solutions géométriques, on y trouvera les tracés pratiques comportant l'emploi des équerres.

**Conseils.** La première qualité d'un tracé est la précision.

1. La précision est d'autant plus grande que le tracé est plus fin.
2. Un point est déterminé par deux droites qui se coupent ; il est déterminé de façon précise quand l'angle des droites est voisin de 90°.
3. Une droite est déterminée par deux points ; elle est déterminée de façon précise quand ces 2 points sont éloignés, et déterminés eux-mêmes de façon précise.

**Notation :** circonférence O (R) signifie : centre O, rayon R.

## 1. Perpendiculaires

Horizontales et verticales : emploi du té et de l'équerre.

1. **Tracer la perpendiculaire au milieu d'un segment AB** (fig. 1) : Tracer les arcs A (AM) et B (AM) ; AM quelconque mais supérieur à AB/2. Joindre M et N.

   Si on ne peut faire le tracé que d'un seul côté de AB, déterminer un 2e point M' en prenant AM' différent de AM (fig. 2).

2. **Elever la perpendiculaire en un point P d'une droite D.**
   a) **Géométriquement** (fig. 3) : porter avec le compas deux segments égaux PA et PB de part et d'autre de P ; élever la perpendiculaire au milieu de AB.
   b) **Avec la règle et l'équerre** (fig. 4) : placer un côté de l'angle droit d'une équerre sur D, une règle contre l'hypoténuse ; faire glisser l'équerre sur la règle, jusqu'à ce que l'autre côté de l'angle droit passe par P.
3. **Abaisser d'un point P la perpendiculaire sur une droite D.**
   a) **Géométriquement** (fig. 5) : tracer la circonférence P (PA), PA étant supérieur à PH ; élever la perpendiculaire au milieu de AB.
   b) **Avec la règle et l'équerre** (fig. 6). Même solution que le problème précédent.
4. **Elever la perpendiculaire à l'extrémité d'une droite qu'on ne peut prolonger** (fig. 7). Tracer une circonférence O (OA), O étant quelconque ; tracer le diamètre BOC ; joindre CA.

**Applications.**

1. **Partager un segment AB en 2, 4, 8 parties égales** (fig. 8) : partager AB en deux parties égales (fig. 1), puis chaque partie en 2, etc.
2. **Tracer un carré de côté a** (fig. 9) : tracer un angle xAy ; porter AB = AC = a avec le compas ; tracer les arcs B (a) et C (a) se coupant en D ; joindre BD et CD.
   Même tracé : rectangle de côtés donnés.

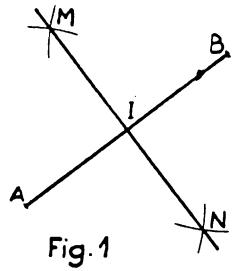


Fig. 1

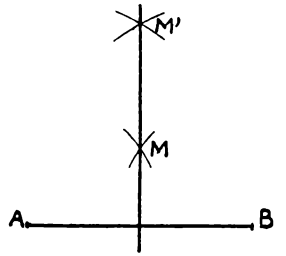


Fig. 2

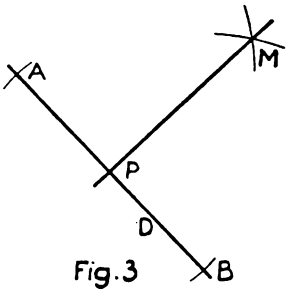


Fig. 3

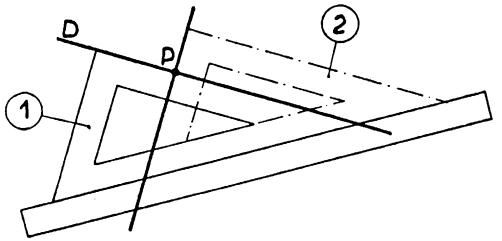


Fig. 4

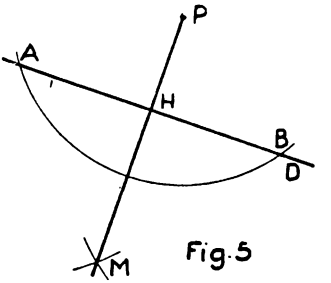


Fig. 5

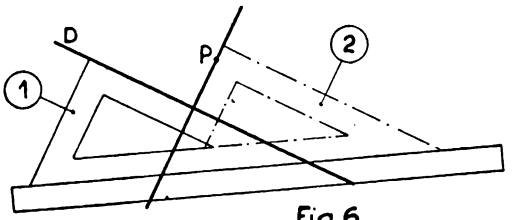


Fig. 6

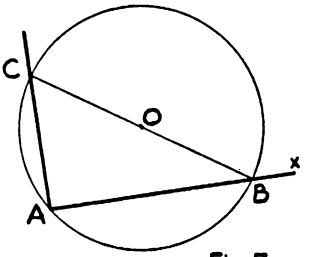


Fig. 7

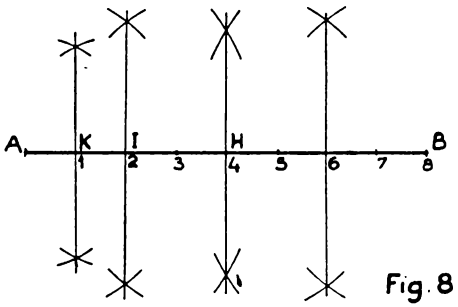


Fig. 8

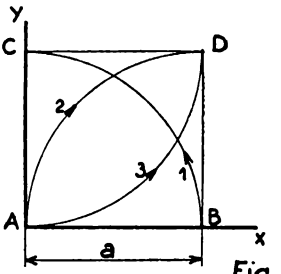


Fig. 9

## 2. Parallèles

Horizontales et verticales : emploi du té et de l'équerre.

1. **Tracer la parallèle à une droite D à une distance donnée d.**
Elever les perpendiculaires à D en 2 points A et B aussi éloignés que possible (fig. 1) ; porter AA' = BB' = d ; joindre A'B'. On peut plus simplement tracer les arcs A (d) et B (d) et tracer la tangente commune à ces deux arcs avec la règle (fig. 2).
2. **Par un point A, tracer la parallèle à une droite D.**
a) **Géométriquement** (fig. 3). Tracer l'arc A (r) avec r quelconque, puis l'arc B (r) coupant D en C, puis l'arc B (CA) coupant le premier arc en E ; joindre AE.
b) **Avec la règle et l'équerre** (fig. 4). Placer un côté d'une équerre sur D, une règle contre l'équerre, puis faire glisser l'équerre sur la règle jusqu'à ce que le même côté de l'équerre passe par A.

**Application. Diviser un segment AB en un nombre quelconque de parties égales, 5 par exemple** (fig. 5). Tracer Ax faisant un angle quelconque avec AB ; porter sur Ax 5 divisions égales, de longueur quelconque, avec le compas ; joindre 5 B et tracer par 1, 2, 3, 4 des parallèles à 5 B.

## 3. Angles

1. **Tracer un angle donné.**
a) **Avec un rapporteur.** Tracé peu précis, à moins d'utiliser un rapporteur de grand diamètre.
b) **En utilisant la tangente de l'angle** (fig. 6). Ex. : angle de 27° dont la tg est 0,51. Porter OA quelconque, 100 mm par exemple ; élever la perpendiculaire en A à OA ; porter AB = OA x tg 27° = 100 × 0,51 = 51. Joindre OB.
c) **Tracé approché,** fondé sur la remarque suivante : jusqu'à 30°, la longueur de la corde est à peu près proportionnelle à l'angle ; d'autre part, la corde de 1° est égale à 1/57 du rayon environ. Donc pour n degrés, (n < 30°), la corde est n/57 du rayon ; si R = 57, la corde est égale à n ; d'où la construction suivante (fig. 7) : pour tracer un angle de 17°, par exemple, tracer un arc de rayon 57 mm ; le couper par un arc de rayon AB = 17 ; l'angle AOB vaut 17°. Pour un angle supérieur à 30°, tracer d'abord un angle de 30 ou 60° ; exemple : 42° = 30° + 12°.
2. **Tracer un angle égal à un angle donné x o y** (fig. 8). Tracer O'x' puis les arcs O (R) et O' (R), enfin A' (AB) ; joindre O'B'.
3. **Tracer la bissectrice d'un angle** (fig. 9). Tracer l'arc O (R), puis les arcs A (R') et B (R') se coupant en I (R' quelconque, mais supérieur à AB/2). Joindre OI.
4. **Tracé de quelques angles remarquables.**
60° : tracer O (OA), puis A (OA) ; joindre OB (fig. 10).
30° : tracer la bissectrice d'un angle de 60° (ou 30° = 90° − 60°).
45° : tracer la bissectrice d'un angle droit.
15° : 30°/2 ou 45° − 30° ou 90° − (45° + 30°).
75° : 45° + 30°.
120° : 90° + 30°, etc.
On emploie habituellement les équerres à 60° et 45° pour tracer ces angles. Ex. : fig. 11.

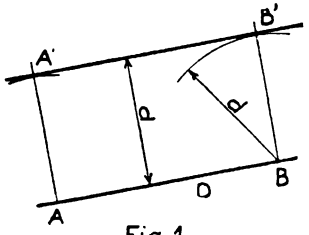


Fig.1

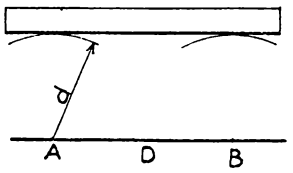


Fig.2

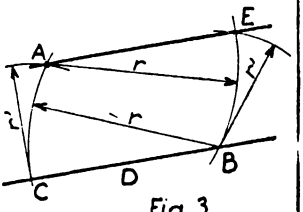


Fig.3

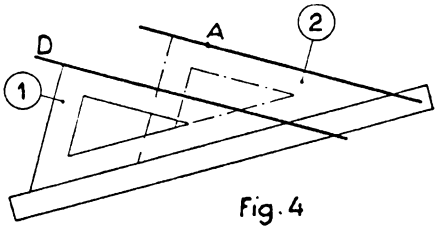


Fig.4

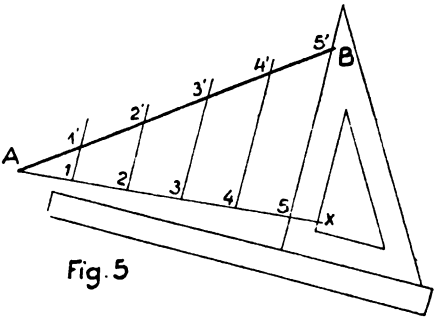


Fig.5

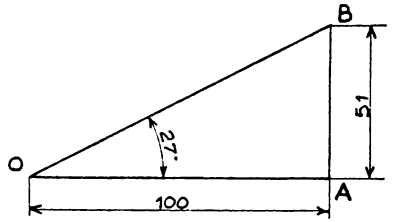


Fig.6

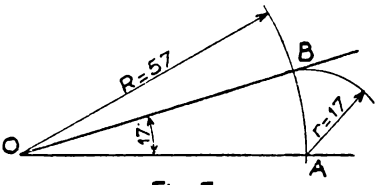


Fig.7

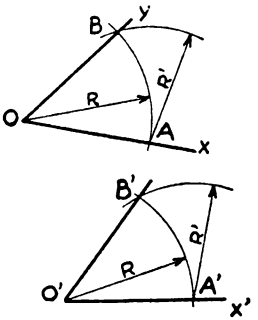


Fig.8

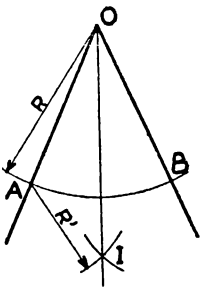


Fig.9

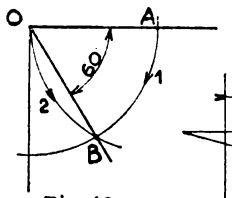


Fig 10

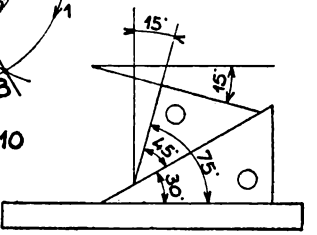


Fig.11

# 4. Circonférences

On peut tracer une circonférence quand on connaît son centre et son rayon, ce qui implique 3 données, par exemple 2 cotes pour déterminer le centre, et une pour le rayon (fig. 1). D'une façon générale, il faut 3 conditions pour déterminer une circonférence, par exemple : passer par 3 points; passer par 2 points et être tangente à une droite, etc. Nous étudierons quelques-uns de ces problèmes au chapitre des raccordements.

1. **Tracer une circonférence passant par 3 points** (fig. 2). Elever les perpendiculaires au milieu de AB et BC ; d'où le centre O.
2. **Trouver le centre d'un arc ABC.** Marquer 3 points, A, B et C sur l'arc ; on est ramené au problème précédent.
3. **Tracer un arc de grand rayon** dont le centre est en dehors de la feuille, connaissant une corde AB et la flèche HC. Le tracé se fait par points.

   **1er Tracé** (fig. 3). Joindre AC et BC; tracer 2 arcs égaux de centres A et B, de rayon R inférieur à AC. Porter sur ces arcs des divisions égales à partir de AC et BC; numéroter en sens inverse; joindre A1 et B1', A2 et B2', etc. Joindre les points C M N P B d'un trait continu.

   **2e Tracé** (fig. 4). Tracer BD perpendiculaire à CB; diviser HB et CD en un même nombre de parties égales, 4 par exemple; joindre 1 1', 2 2', etc. Abaisser la perpendiculaire de B sur CD et la diviser en un même nombre de parties égales; joindre Ca, Cb, Cc; les points d'intersection avec 1 1', 2 2', 3 3' sont sur l'arc cherché.

# 5. Tangentes

Propriété : la tangente est perpendiculaire à l'extrémité du rayon qui aboutit au point de contact.

1. **Tracer la tangente en un point A d'une circonférence.** Elever la perpendiculaire en A au rayon OA, soit géométriquement, soit avec l'équerre (fig 5).
2. **D'un point extérieur A, tracer les tangentes à une circonférence.**
   **Géométriquement** (fig. 6). Tracer la circonférence de diamètre OA, coupant la première en B et B'; joindre AB et AB'.
   **Avec la règle et l'équerre** (fig. 7). Placer l'équerre tangente à la circonférence, tracer le rayon OB; joindre AB.
3. **Tracer les tangentes communes extérieures à deux circonférences.**
   **Géométriquement** (fig. 8). Tracer la circonférence O (R — r), puis les tangentes O'M et O'N à cette circonférence (problème précédent); joindre OM prolonger jusqu'en A; tracer O'A' parallèle à OA; joindre AA'; faire de même pour BB'.
   **Avec la règle et l'équerre.** Même solution que le problème suivant.
4. **Tracer les tangentes communes intérieures à deux circonférences.**
   **Géométriquement** (fig. 9). Même solution que le problème précédent, mais avec une circonférence O (R + r).
   **Avec la règle et l'équerre** (fig. 10). Placer l'équerre tangente aux 2 circonférences, tracer les rayons OA et O'A', joindre AA'.

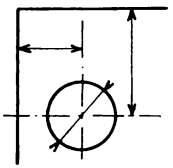


Fig.1

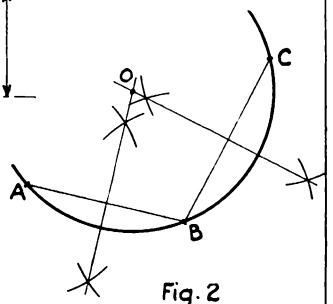



Fig.2

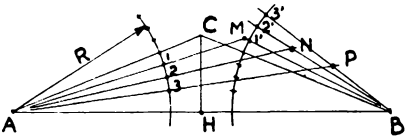



Fig.3

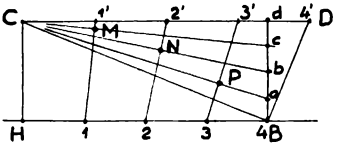



Fig.4

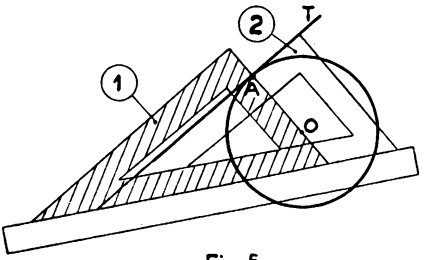



Fig.5

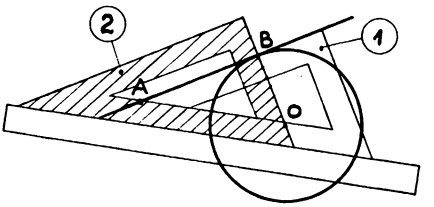



Fig.7

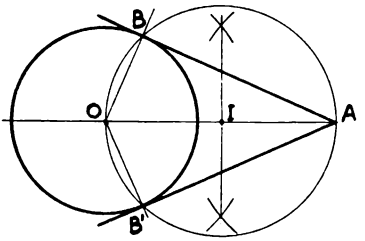



Fig.6

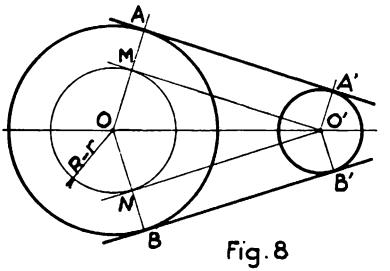



Fig.8

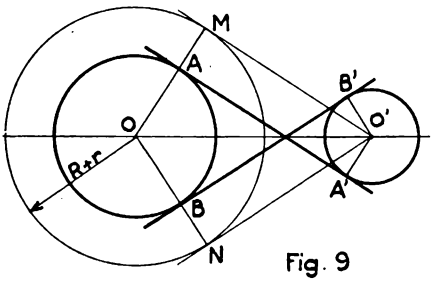



Fig.9

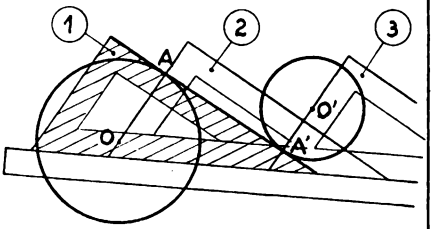



Fig.10

# 6. Raccordements

**Problème général :** réunir deux droites, ou une droite et une circonférence, ou 2 circonférences par une circonférence tangente. On donne généralement le rayon de cette circonférence ; il faut déterminer son centre et les points de contact.

**Détermination du centre.**

Circonférence tangente à une droite : son centre est à une distance de la droite égale au rayon.

Circonférences tangentes extérieurement : la distance des centres est égale à la somme des rayons.

Circonférences tangentes intérieurement : la distance des centres est égale à la différence des rayons.

**Détermination des points de contact.**

Circonférence tangente à une droite : pied de la perpendiculaire abaissée du centre sur la droite.

Circonférences tangentes : le point de contact est sur la ligne des centres.

**PROBLEMES.** Ils sont très nombreux, et pour chacun d'eux, il peut y avoir différents cas, et plusieurs solutions. Nous n'examinerons que quelques problèmes courants.

1. **Tracer une circonférence de rayon R passant par un point M et tangente à une droite D** (fig. 1).
   Centre O : intersection de l'arc M (R) et de la parallèle à D à une distance R. Point de contact : pied A de la perpendiculaire OA.
2. **Tracer une circonférence de rayon R passant par un point M et tangente à une circonférence de rayon r** (fig. 2).
   Tracer les arcs M (R) et I (R + r). Point de contact : A.
3. **Tracer une circonférence de rayon R tangente à 2 droites données D et D'** (fig. 3).
   Tracer les parallèles à D et D' à une distance R. Points de contact : A et B.
   Cas particulier : D et D' sont perpendiculaires ; tracer les arcs S (R), A (R), B (R), d'où le centre O et les points de contact A et B (fig. 3).
4. **Tracer une circonférence de rayon R, tangente à une droite D et à une circonférence de rayon r.**
   a) Circonférences tangentes extérieurement (fig. 4) : O est l'intersection de l'arc I (R + r) et de la parallèle à D à une distance R. Points de contact : A et B.
   b) Circonférences tangentes intérieurement (fig. 5) : même tracé avec arc I (R — r).
5. **Tracer une circonférence de rayon R tangente à 2 circonférences données de rayons r et r'.**
   a) Circonférences tangentes extérieurement (fig. 6) : tracer I (R + r) et I' (R + r'). Points de contact : A et B.
   b) Les circonférences données sont tangentes intérieurement à la circonférence de raccordement (fig. 7) : tracer I (R — r) et I' (R — r').
   c) L'une des circonférences données est tangente intérieurement, l'autre tangente extérieurement à la circonférence de raccordement (fig. 8) : tracer I (R — r) et I' (R + r').

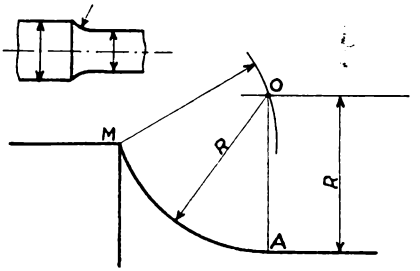



Fig.1

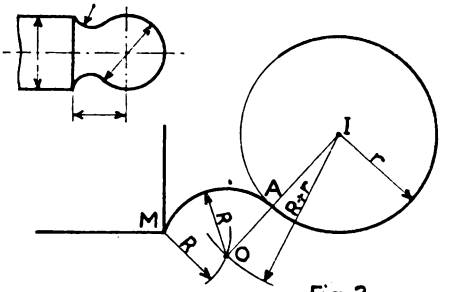



Fig.2

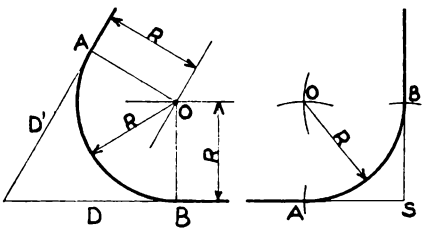



Fig.3

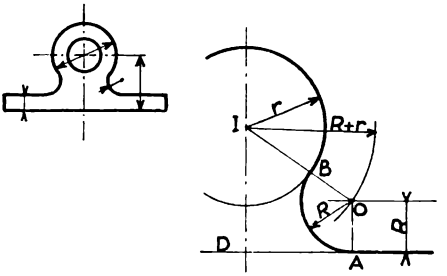



Fig.4

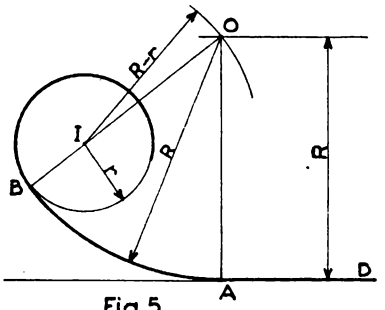



Fig.5

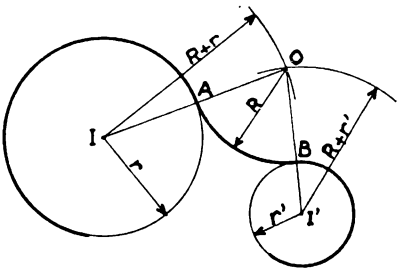



Fig.6

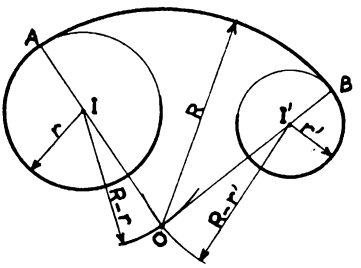



Fig.7

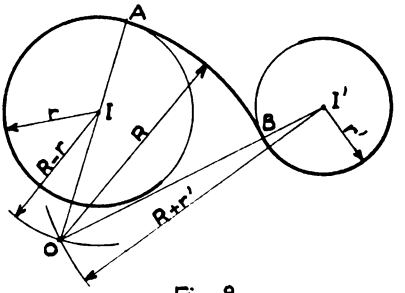



Fig.8

# 7. Polygones réguliers

Un polygone régulier a ses côtés égaux et ses angles égaux. Il est inscriptible dans une circonférence et circonscriptible à une circonférence.

1. **CARRÉ** inscrit dans une circonférence (fig. 1). Tracer 2 diamètres perpendiculaires et joindre leurs extrémités. Côté $= R\sqrt{2}$.
2. **HEXAGONE.**
   Hexagone inscrit (fig. 2). Tracer un diamètre AB ; tracer les arcs A (R) et B (R). Joindre ACDBEF. Côté $= R$. $FC = R\sqrt{3}$. $AM = MO = ON = NB = R/2$.
   Hexagone connaissant le côté c : tracer une circonférence de rayon c et faire le tracé précédent.
   Hexagone connaissant la largeur sur plat a (fig. 3). Tracer une circonférence de diamètre a ; tracer les côtés tangents à ce cercle, avec le té et l'équerre à 60°.
3. **TRIANGLE ÉQUILATÉRAL** inscrit dans un cercle (fig. 4). Tracer un diamètre AB, puis l'arc B (R) ; joindre ACD. Côté $= R\sqrt{3}$. $OI = IB = R/2$.
4. **OCTOGONE.**
   Octogone inscrit dans un cercle (fig. 5).
   Transformer un carré en octogone régulier (fig. 6). Tracer les diagonales AC et BD, puis les arcs A (AO), B (BO), C (CO) et D (DO) ; joindre VM, NP, QR, ST.
   Autre tracé : tracer la circonférence inscrite dans le carré, puis les tangentes en E, F, G, H.
5. **PENTAGONE INSCRIT** (fig. 7). Tracer 2 diamètres perpendiculaires AB et CD. Chercher le milieu I de OD ; tracer l'arc I (IA), coupant CD en E ; AE est le côté du pentagone.
6. **DÉCAGONE INSCRIT** (fig. 8). Tracer 2 diamètres perpendiculaires AB et CD. Chercher le milieu I de AO ; tracer la circonférence I (IO), joindre CI ; CM est le côté du décagone inscrit.
   On peut aussi se servir du tracé précédent (fig. 7) car OE est le côté du décagone inscrit.
7. **DIVISER LA CIRCONFÉRENCE EN UN NOMBRE QUELCONQUE DE PARTIES ÉGALES.**
   $n = 16$, 32, etc. : partir du tracé du carré.
   $n = 12$, 24, etc. : partir du tracé de l'hexagone.
   $n = 10$, 20, etc. : partir du tracé du pentagone ou du décagone.
   n quelconque : tracé approché (fig. 9) ; tracer un diamètre AB, le diviser en n parties égales ($n = 7$, sur la figure) ; tracer les arcs A (AB) et B (AB) se coupant en C ; joindre C à la 2e division ; AD est le côté du polygone de n côtés.
   On peut aussi tracer l'angle au centre (360°/n) par sa tangente, ou calculer la longueur de l'arc AD ($\pi$ D/n), sensiblement égal à la corde si n est grand.

Avec ces tracés approchés, si on ne retombe pas au point de départ après avoir porté n fois le côté, opérer par tâtonnement.

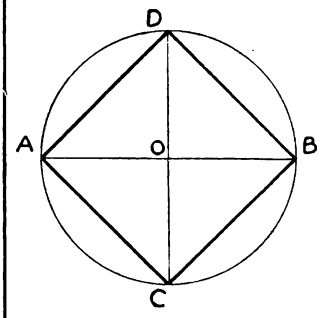



Fig.1

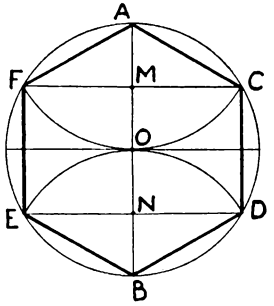



Fig 2

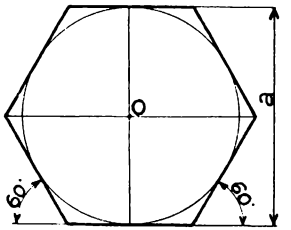



Fig 3

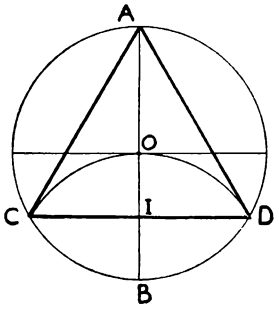



Fig 4

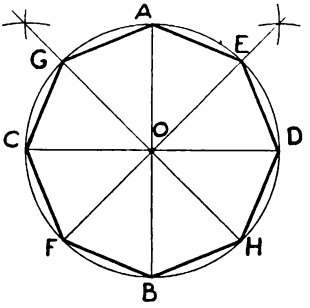



Fig 5

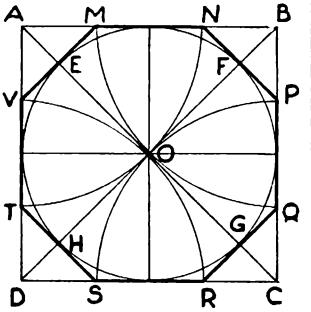



Fig 6

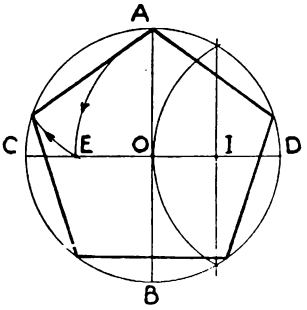



Fig 7

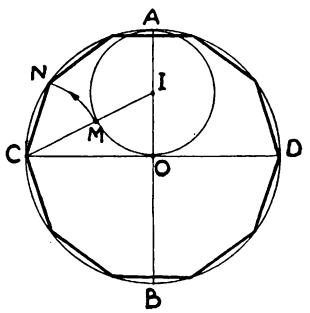



Fig 8

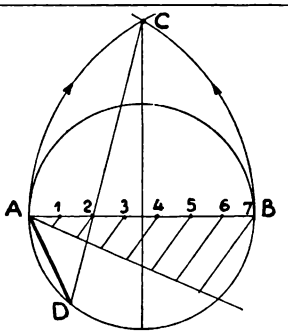



Fig. 9

# 8. Courbes usuelles

1. **OVALE** (fig. 1). On donne le grand axe AB = 3 R.
Diviser AB en 3 parties égales AO = OO' = O'B = R ; tracer les circonférences O (R) et O' (R) se coupant en M et N ; tracer les arcs M (2 R) et N (2 R) limités aux points de contact C, D, E, F, avec les 2 premières circonférences.
2. **ANSE DE PANIER** à 3 centres (fig. 2). On donne l'ouverture AB et la hauteur OC.
Porter OD = OA ; joindre CA ; porter CE = CD sur CA ; élever la perpendiculaire au milieu de AE, d'où les centres $I_1$ et $I_2$ et par symétrie $I_3$ ; les rayons sont $I_1$ A et $I_2$ C ; les points de contacts F et H.
Le tracé de la demi-courbe symétrique par rapport à AB donne une courbe fermée pouvant remplacer l'ellipse.
3. **SPIRALE A 4 CENTRES** (fig. 3). Tracer un carré ABCD de côté a, puis les quarts de cercle de centres A, B, C, etc., et de rayons a, 2a, 3a, etc. ; ces arcs se raccordent entre eux aux points M, N, P, Q, etc. La spirale se déroule indéfiniment autour du carré. On peut tracer de même une spirale à 6 centres en partant de l'hexagone régulier.
4. **ELLIPSE** (fig. 4).
**Définition :** courbe plane telle que la somme des distances de chacun de ses points à 2 points fixes F et F' est constante. F et F' sont les **foyers,** MF et MF' les **rayons vecteurs.**
**Propriétés.**
a) L'ellipse a 2 axes de symétrie ; AA' est le grand axe, BB' le petit axe ; leur intersection est un centre de symétrie.
b) La somme des rayons vecteurs est égale à AA'.
c) On a $BF = BF' = \frac{AA'}{2}$ ; cette propriété permet de trouver les foyers d'une ellipse dont on connaît les 2 axes AA' et BB'.
d) La tangente en un point M est la bissectrice de l'angle F'ME.
**Tracé.**
a) **Tracé de la bande de papier** (fig. 5). On donne les deux axes AA' = 2a et BB' = 2b. Porter sur une bande de papier MN = a et MP = b. Placer la bande de papier de façon que P soit sur le grand axe et N sur le petit axe; M est un point de l'ellipse. Déplacer la bande, marquer tous les points tels que M, les joindre d'un trait continu.
b) **Réduction des ordonnées** (fig. 6). Sur une perpendiculaire en M à OA, porter Mm tel que $Mm = MM' \times \frac{b}{a}$; le point m appartient à l'ellipse.
La fig. 7 donne un tracé dérivant du même principe, et utilisant les cercles de rayons a et b ; les parallèles MP et NP aux axes se coupent en un point P de l'ellipse car $\frac{HP}{HM} = \frac{ON}{OM} = \frac{b}{a}$
c) **Autre tracé** (fig. 8). Diviser OA et AC en un même nombre de parties égales, 4 par exemple ; joindre B'1' et B1, B'2' et B2, etc.
d) **Projection oblique d'un cercle.** Voir page 28.
e) **Perspective cavalière d'un cercle.** Voir page 42.

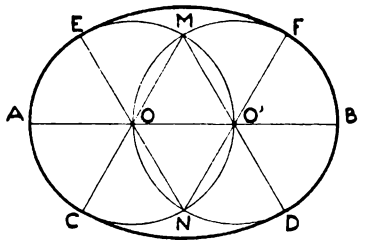



Fig 1

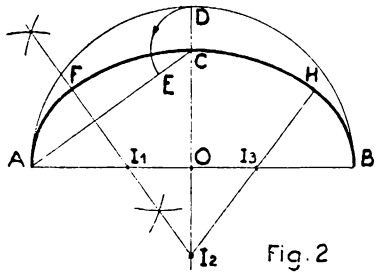



Fig. 2

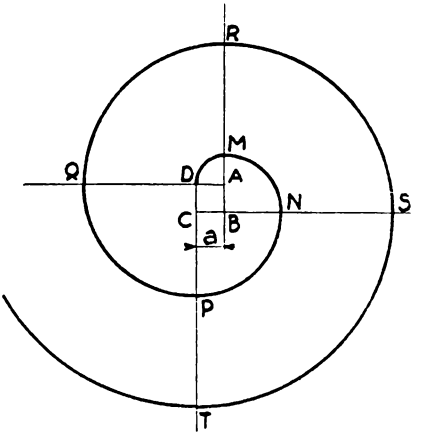
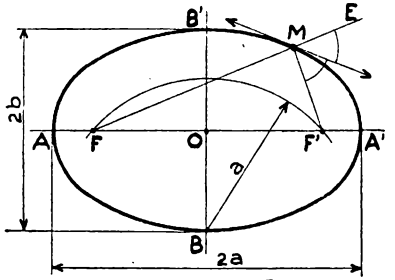



Fig. 3




MF+MF'=AA'=2a Fig 4

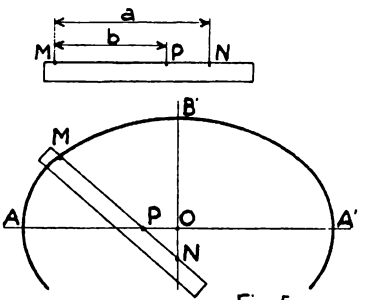
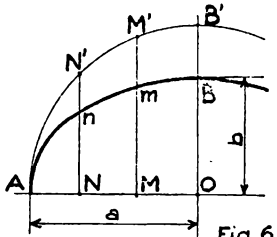
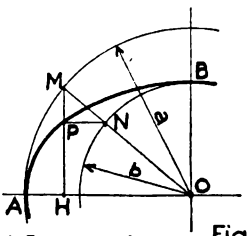



Fig. 5




$\frac{Mm}{MM'} = \frac{Nn}{NN'} = \frac{OB}{OB'} = \frac{b}{a}$ Fig. 6




$\frac{HP}{HM} = \frac{ON}{OM} = \frac{b}{a}$ Fig. 7

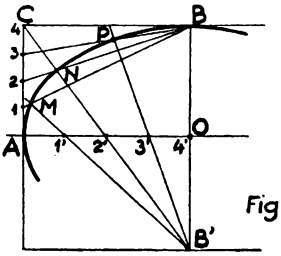



Fig. 8

5. **PARABOLE** (fig. 1) : courbe plane telle que chacun de ses points soit à égale distance d'un point fixe F appelé **foyer** et d'une droite fixe D appelée **directrice.**

. **Propriétés.**

a) La parabole possède un axe de symétrie xx'.

b) Le sommet A est à égale distance du foyer et de la directrice.

c) La tangente en un point M est bissectrice de l'angle PMF.

**Tracé** (par points).

a) **Connaissant le foyer et la directrice** (fig. 1). Tracer par F une droite FP quelconque ; élever la perpendiculaire au milieu de FP et la perpendiculaire en P à la directrice ; leur intersection M appartient à la parabole et MI est la tangente en M.

b) **Connaissant le sommet A, l'axe Ax, et un point M** (fig. 2). Tracer Ay perpendiculaire à Ax, abaisser de M la perpendiculaire MB sur Ay, diviser AB et MB en un même nombre de parties égales, 4 par exemple ; joindre A à 1', 2', 3' ; tracer par 1, 2, 3, des parallèles à Ax ; d'où les points N, P, Q. Remarquer qu'on peut prolonger le tracé au-delà de M (point R, par exemple).

6. **CYCLOIDE** (fig. 3) : courbe décrite par un point d'une circonférence qui roule sans glisser sur une droite fixe.

**Tracé.** Si R est le rayon de la circonférence, porter AB $= 2 \pi R$ ; diviser la circonférence et AB en un même nombre de parties égales, 12 par exemple ; tracer par 1, 2, 3... des parallèles à AB et par 1', 2', 3'... des segments égaux et parallèles à A1, A2, A3... etc. Joindre les points MNPQ... d'un trait continu.

**Propriété :** la tangente en un point, R par exemple, est perpendiculaire au segment 5' R.

7. **DEVELOPPANTE DE CERCLE** (fig. 4) : courbe décrite par un point d'une droite qui roule sans glisser sur une circonférence fixe.

**Tracé.** Diviser la circonférence en un certain nombre de parties égales, 12 par exemple ; tracer les tangentes aux points de division et porter sur ces tangentes des longueurs 1 1' = arc O1, 2 2' = arc O2... etc.

**Propriété.** La tangente en un point, 5' par exemple, est perpendiculaire à l'extrémité du segment 5 5'.

8. **HÉLICE** (fig. 5) : courbe tracée sur un cylindre animé d'un mouvement de rotation uniforme autour de son axe par une pointe traçante se déplaçant d'un mouvement uniforme parallèlement à l'axe.

**Spire :** portion de l'hélice correspondant à un tour de cylindre.

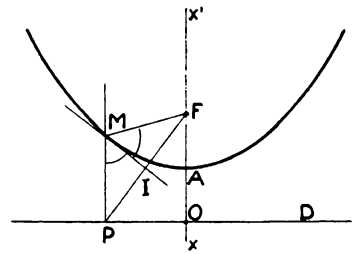
**Pas :** distance de 2 spires, mesurée parallèlement à l'axe.

**Sens de l'hélice :** à gauche (fig. 5) ou à droite (fig. 6).

**Développement :** la développée d'une spire d'hélice est la diagonale d'un rectangle de base $\pi$ d et de hauteur égale au pas.

**Inclinaison de l'hélice :** angle $\alpha$ tel que tg $\alpha$ = Pas/$\pi$ d.

**Tracé.** Voir figure.




MF = MP

Fig.1

1'M = A1

2'N = A2 .. etc

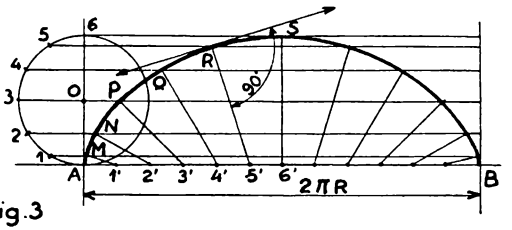



Fig.3

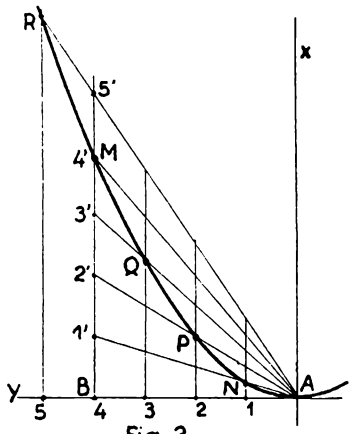
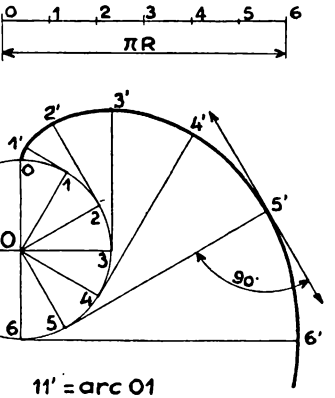



Fig.2

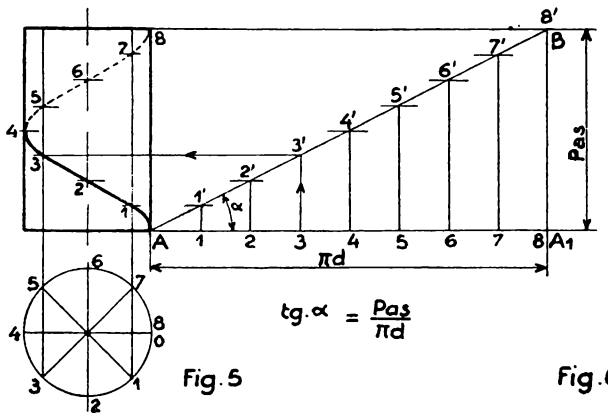



11' = arc 01

22' = arc 02 ... etc

Fig 4

Hélice à gauche




$$tg.\alpha = \frac{Pas}{\pi d}$$

Fig.5

Hélice à droite

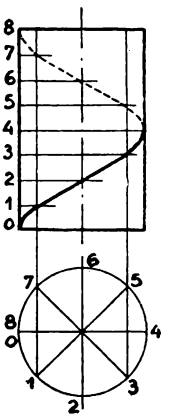



Fig.6

# III. - GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE

## 1. Le point, la droite, le plan

1. **PLANS DE PROJECTION.** Les deux plans principaux de projection sont le **plan de front** F et le **plan horizontal** H, dont l'intersection est la **ligne de terre** xy (fig. 1) ; lorsque ces deux plans ne suffisent pas, on utilise le **plan de profil** P (fig. 3).

2. **PROJECTIONS DU POINT.** La **projection** d'un point sur un plan est le pied de la perpendiculaire abaissée de ce point sur le plan (fig. 1) ; a' est la **projection verticale,** $a_1$ la **projection horizontale.** $Aa_1$ est la **cote** de A, Aa' son **éloignement.**

   L'**épure** d'un point s'obtient en rabattant le plan H sur F (fig. 2), et en supprimant le contour des plans ; aa' est perpendiculaire à xy ; $\alpha a'$ est égale à la cote de A, $\alpha a$ égale son éloignement. Le plan P se rabat également sur F (fig. 4) ; $a'a''$ est perpendiculaire à oz, et $\alpha_1 a'' = \alpha a =$ éloignement de A.

3. **PROJECTIONS DE LA DROITE.** La projection d'une droite sur un plan est une droite dans le cas général ; pour projeter une droite, il suffit donc de projeter deux de ses points, et de joindre leurs projections (fig. 5 et 6).

4. **POSITIONS PARTICULIERES DE LA DROITE**

   a) **Principes.**

      1. Une droite perpendiculaire à un plan s'y projette suivant un point (fig. 7).
      2. Une droite parallèle à un plan s'y projette en vraie grandeur (fig. 8).

   b) **Droites perpendiculaires à un plan de projection.**

      1. **Droite verticale :** Elle est perpendiculaire au plan H et parallèle au plan F ; d'où son épure, fig. 9.
      2. **Droite de bout :** Elle est perpendiculaire à F et parallèle à H (fig. 10).
      3. **Droite fronto-horizontale :** Elle est parallèle aux plans H et F, et perpendiculaire au plan de profil P (fig. 11).

   c) **Droites parallèles à un plan de projection.**

      1. **Droite horizontale** (fig. 12). Etant parallèle à H, elle s'y projette en vraie grandeur ; tous ses points ayant même cote, sa projection verticale est parallèle à xy.
      2. **Droite de front** (fig. 13). Etant parallèle à F, elle s'y projette en vraie grandeur ; tous ses points ayant même éloignement, sa projection horizontale est parallèle à xy.
      3. **Droite de profil** (fig. 14). Etant parallèle à P, elle s'y projette en vraie grandeur ; tous ses points étant à la même distance de P, les projections verticale et horizontale sont perpendiculaires à xy.

5. **LE PLAN.** L'intersection de deux plans H et V est une droite AB (fig. 15) ; on dit que AB est la **trace** de V sur H. On représente habituellement un plan par ses traces sur les deux plans de projection (fig. 16), appelées **trace horizontale** ($P\alpha$) et **trace verticale** ($\alpha Q'$) ; la figure 17 donne l'épure.

## Projection du point

sur 2 plans

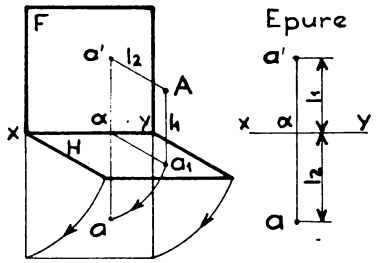



Fig. 1 et 2

sur 3 plans

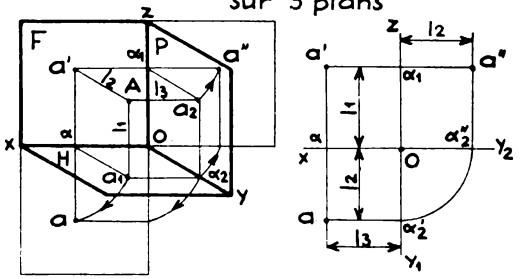



Fig. 3 et 4

## Projection de la droite

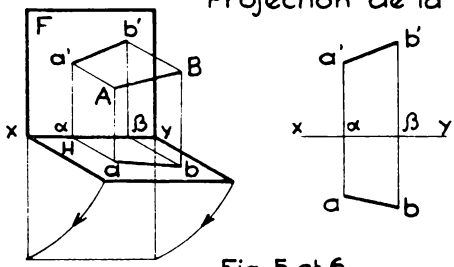



Fig. 5 et 6

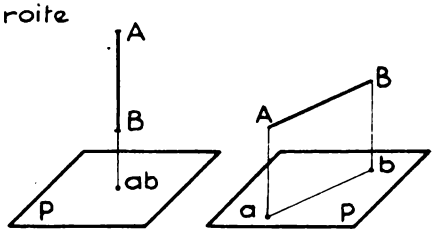



Fig. 7 Fig. 8

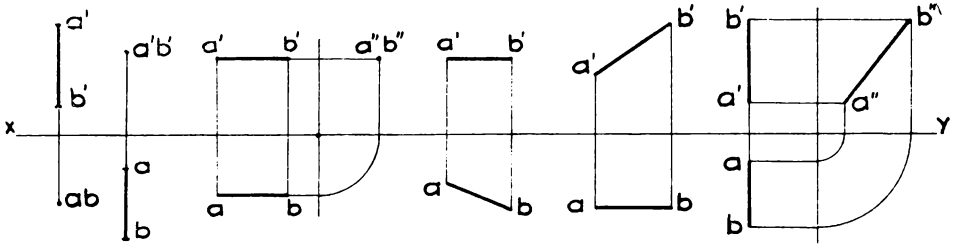



Fig. 9 et 10 Fig. 11 Fig. 12 Fig. 13 Fig. 14

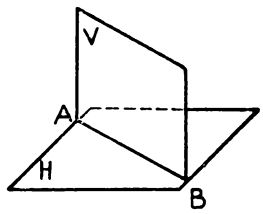



Fig. 15

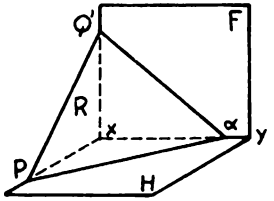



Fig. 16

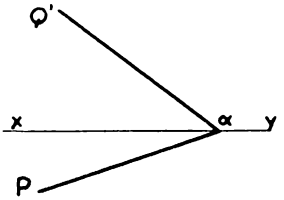



Fig. 17

## 6. POSITIONS PARTICULIÈRES DU PLAN.

a) **Principes.**

1. Lorsqu'un plan P est perpendiculaire à un plan de projection R, toutes les figures contenues dans P se projettent sur la trace de P sur R.

2. Lorsqu'un plan P est parallèle à un plan de projection R, toutes les figures contenues dans P se projettent sur R en vraie grandeur.

b) **Plan de front** (fig. 1). Il est parallèle à F et perpendiculaire à H ; il n'a pas de trace verticale ; sa trace horizontale est parallèle à xy. Toute figure contenue dans ce plan se projette sur F en vraie grandeur, et sur H suivant la trace horizontale de F'. Exemple : triangle ABC (fig. 1).

c) **Plan horizontal** (fig. 2). Il est parallèle à H et perpendiculaire à F ; il n'a pas de trace horizontale ; sa trace verticale est parallèle à xy. Toute figure contenue dans ce plan se projette sur H en vraie grandeur, et sur F suivant la trace verticale de H'. Exemple : triangle ABC.

d) **Plan de profil** (fig. 3). Il est parallèle au plan de profil P et perpendiculaire à H et V ; ses traces verticale et horizontale sont perpendiculaires à xy. Toute figure contenue dans ce plan se projette sur P en vraie grandeur, sur H et F suivant les traces horizontale et verticale. Exemple : triangle ABC.

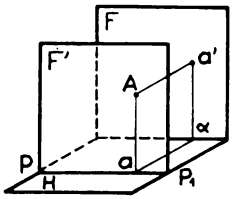
e) **Plan vertical** (fig. 4). Il est perpendiculaire à H, mais pas parallèle à F, sa trace verticale est perpendiculaire à xy. Toute figure contenue dans ce plan se projette sur H suivant la trace horizontale P $\alpha$. Exemple : triangle ABC ; la projection verticale a' b' c' n'est pas la vraie grandeur de ABC.

f) **Plan de bout** (fig. 5). Il est perpendiculaire à F, mais pas parallèle à H ; sa trace horizontale est perpendiculaire à xy. Toute figure contenue dans ce plan se projette sur F suivant la trace verticale $\alpha$ Q'. Exemple : triangle ABC ; la projection horizontale a b c n'est pas la vraie grandeur de ABC.

g) **Plan perpendiculaire à P** (fig. 6). Il est parallèle à l'intersection xy des plans H et F ; ses traces verticale et horizontale sont parallèles à xy. Toute figure contenue dans ce plan se projette sur P suivant une droite. Exemple : triangle ABC.

**7. PROJECTIONS D'UN SOLIDE.** C'est une figure plane obtenue en projetant les sommets, les arêtes, les faces du solide. Exemples : prisme, pyramide, etc (voir pages suivantes).

## Plan de front



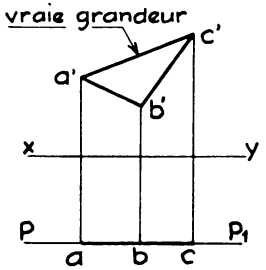
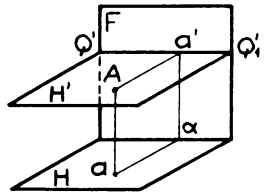




Fig.1

## Plan horizontal



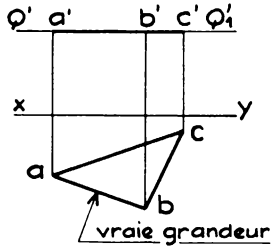
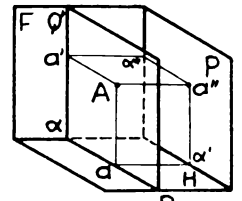




Fig.2

## Plan de profil



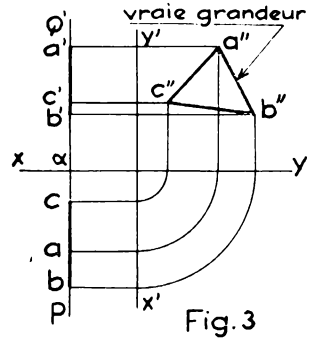
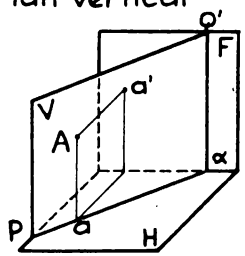




Fig.3

## Plan vertical



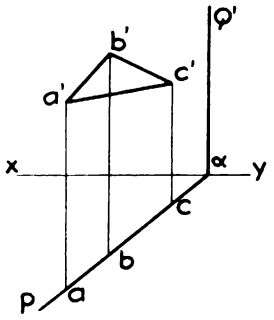
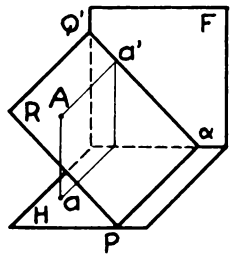




Fig.4

## Plan de bout



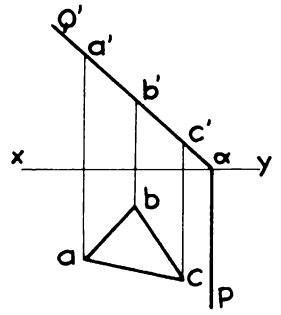
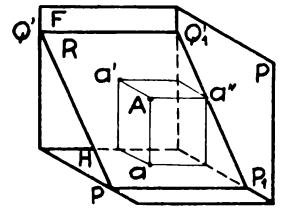




Fig.5

## Plan parallèle à xy



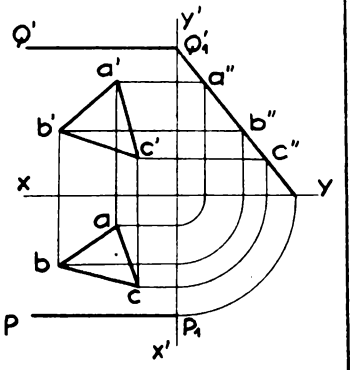




Fig.6

# 2. Problèmes

**1. VRAIE GRANDEUR D'UN SEGMENT DE DROITE.** Une droite ne se projette en vraie grandeur sur un plan que si elle est parallèle à ce plan.

a) **ROTATION.** La méthode consiste à faire tourner la droite jusqu'à ce qu'elle soit parallèle à un plan de projection.

Exemple (fig. 1) : Faire tourner le segment AB autour de l'axe vertical Aa jusqu'à ce qu'il soit de front ; A et a restent fixes ; B décrit un cercle de centre O et reste dans un plan horizontal ; il vient en $B_1$ tel que $ab_1$ soit parallèle à xy ; b' vient en $b'_1$, sur une parallèle à xy, d'où l'épure, fig. 2 ; $AB_1$ étant de front, $a'b'_1$ est sa vraie grandeur.

On peut également amener AB à être horizontal, par une rotation autour d'un axe de bout (fig. 3).

b) **CHANGEMENT DE PLAN.** La méthode consiste à choisir un nouveau plan de projection parallèle à la droite.

Exemple (fig. 4) : Prendre un nouveau plan frontal de projection, coupant le plan horizontal suivant $x_1y_1$, parallèle à ab. La nouvelle projection verticale de AB est $a'_1b'_1$ telle que $\alpha_1a'_1 = \alpha a'$ (car la cote des points ne change pas) et $\beta_1b'_1 = \beta b'$. D'autre part, $a\alpha_1$ et $b\beta_1$ sont perpendiculaires à $x_1y_1$. D'où l'épure fig. 5 ; AB étant maintenant de front, $a'_1b'_1$ est sa vraie grandeur.

On peut également amener AB à être horizontal par un changement de plan horizontal (fig. 6) ; prendre $x_1y_1$ parallèle à a' b' ; l'éloignement des points ne changeant pas, $\alpha_1a_1 = \alpha a$, et $\beta_1b_1 = \beta b$. AB étant horizontal, $a_1b_1$ est sa vraie grandeur.

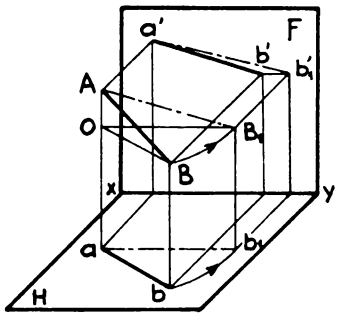
c) **RABATTEMENT.** La méthode consiste à rabattre le plan projetant la droite sur l'un des plans de projection.

Exemple (fig. 7) : Rabattre le trapèze rectangle ABab sur le plan horizontal en le faisant tourner autour de ab comme charnière ; $aa_1$ et $bb_1$ sont perpendiculaires à ab et égaux respectivement à aA et bB ou $\alpha a'$ et $\beta b'$ (cotes des points A et B). D'où l'épure, fig. 8 : $a_1b_1$ est la vraie grandeur de AB.

On peut également rabattre la droite sur le plan de front (fig. 9) : porter $a'a'_1$ et $b'b'_1$ perpendiculaires à a'b' et égaux respectivement à $\alpha a$ et $\beta b$ (éloignement des points A et B) ; $a'_1b'_1$ est la vraie grandeur de AB.

**Remarque :** En traçant par $b_1$ la parallèle à ab (fig. 8), on voit que $a_1b_1$ est l'hypoténuse d'un triangle rectangle ayant comme côtés de l'angle droit a b et la différence des cotes de A et de B, ce qui permet de calculer facilement AB.

## Rotation




$a'b'_1 = AB_1 = AB$

Fig. 1

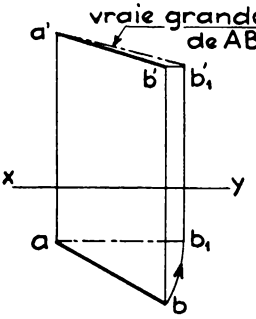



Fig. 2

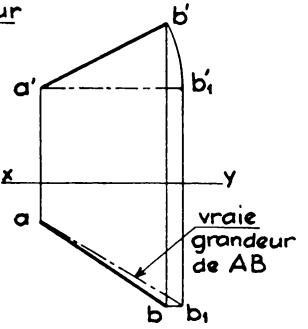
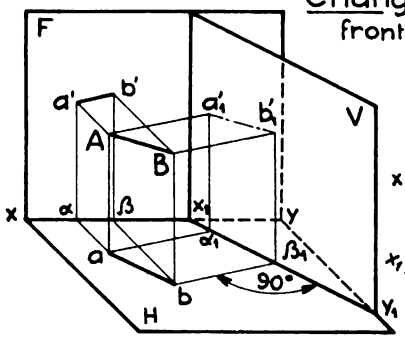



Fig. 3

## Changement de plan

frontal horizontal




$x_1y_1 // ab$ - $\alpha_1a'_1 = \alpha a'$ - $\beta_1b'_1 = \beta b'$ - $a'_1b'_1 = AB$.

Fig. 4

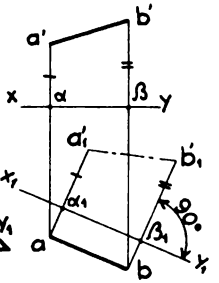
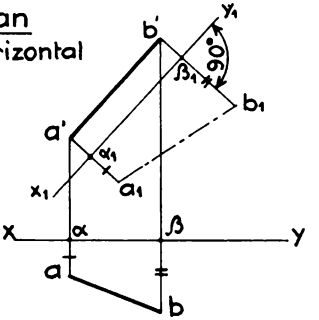


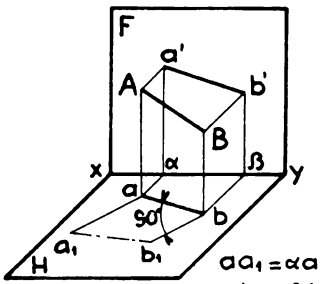

Fig. 5




$x_1y_1 // a'b'$ - $\alpha_1a_1 = \alpha a$ - $\beta_1b_1 = \beta b$ . $a_1b_1 = AB$

Fig. 6

## Rabattement




$aa_1 = \alpha a'$
$bb_1 = \beta b'$
$a_1b_1 = AB$

Fig. 7

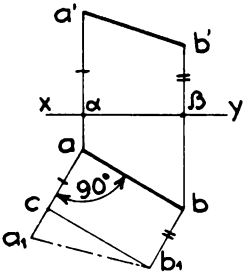
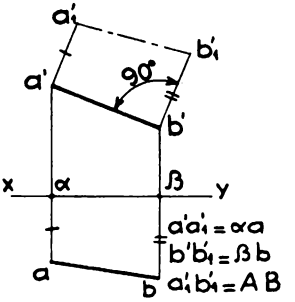



Fig. 8




$a'a'_1 = \alpha a$
$b'b'_1 = \beta b$
$a'_1b'_1 = AB$

Fig. 9

**2. VRAIE GRANDEUR D'UNE FIGURE PLANE.** Une figure plane ne se projette en vraie grandeur sur un plan que si elle est parallèle à ce plan; si elle n'y est pas, on fait un changement de plan ou un rabattement. Exemples :

a) **VRAIE GRANDEUR D'UN TRIANGLE ABC SITUÉ DANS UN PLAN VERTICAL V :** rabattre le plan V soit sur le plan F, soit sur le plan H (fig. 1); pour cela, faire pivoter P $\alpha$ Q' autour de P $\alpha$ comme charnière; A vient en $a_1$ tel que $aa_1$ soit perpendiculaire à P $\alpha$ et égal à Aa ou $\alpha$ a'; de même pour B et C; d'où l'épure (fig. 2) sur laquelle $a_1$ $b_1$ $c_1$ est la vraie grandeur de ABC.

b) **PROJECTIONS D'UNE CIRCONFÉRENCE PLACÉE DANS UN PLAN DE BOUT.** La projection d'une circonférence située dans un plan oblique par rapport au plan de projection est une ellipse; pour la tracer, faire d'abord le rabattement du plan oblique sur le plan de projection, puis « relever » le plan.

Dans le rabattement du plan de bout R sur le plan H (fig. 3), O vient en $o_1$ tel que $oo_1$ soit perpendiculaire à P $\alpha$ et que m $o_1$ = m O = $\alpha$ o'. Inversement, dans le relèvement, $o_1$ vient en o tel que $o_1$ o soit perpendiculaire à P $\alpha$ et que $\alpha$ o' = m $o_1$. Le diamètre CD parallèle à P $\alpha$ se projette en vraie grandeur; cd sera le grand axe de l'ellipse; le diamètre AB perpendiculaire à CD se projette suivant le petit axe ab de l'ellipse.

Epure (fig. 4) : tracer le rabattement $o_1$ du centre oo'; tracer le cercle, de rayon R; relever les points $a_1$ $b_1$ $c_1$ $d_1$ donnant les extrémités des axes de l'ellipse; le relèvement d'un point quelconque $m_1$ donne le point m et par symétrie les points n, p, q. Joindre les points trouvés d'un trait continu.

**3. ANGLE DE 2 PLANS.**

a) **DÉFINITIONS** (fig. 5). Angle dièdre : portion de l'espace comprise entre 2 demi-plans limités à leur intersection; P et P' sont les faces, AB l'arête. Angle plan ou rectiligne du dièdre : angle COD obtenu en coupant le dièdre par un plan perpendiculaire à l'arête. OC et OD sont perpendiculaires à AB.

b) **MÉTHODE.** Exemple : angle de 2 faces d'une pyramide, d'une trémie, d'une auge de maçon (fig. 6). Pour trouver l'angle des 2 faces SAB et SAD, couper par un plan perpendiculaire à SA; d'où le triangle MPR dont l'angle $\alpha$ est l'angle cherché. Or, on démontre que PR est perpendiculaire à OA et que HM est perpendiculaire à SA. Pour construire le triangle MPR, on tracera PR perpendiculaire en H à OA, puis on abaissera sur SA la perpendiculaire HM; enfin on joindra MP et MR.

c) **ÉPURE** (fig. 7). Tracer pr perpendiculaire à oa; rabattre le triangle SOA sur le plan horizontal, d'où $s_1$o a; abaisser la perpendiculaire h $m_1$ sur $s_1$a; reporter h $m_1$ en h $m_2$ sur oa; joindre $m_2$p et $m_2$r; d'où l'angle $\alpha$ cherché.

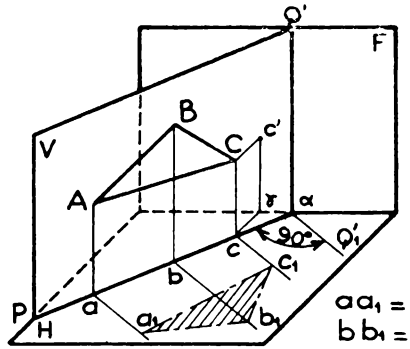



Fig. 1

$aa_1 = Aa = \alpha a'$
$bb_1 = Bb = \beta b'$
$cc_1 = Cc = \gamma c'$

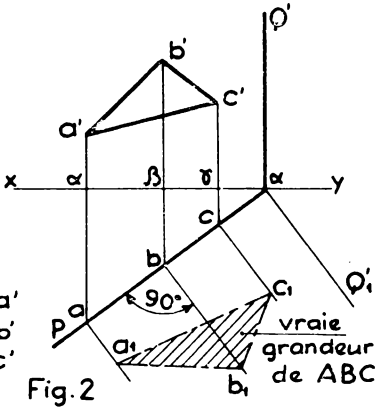
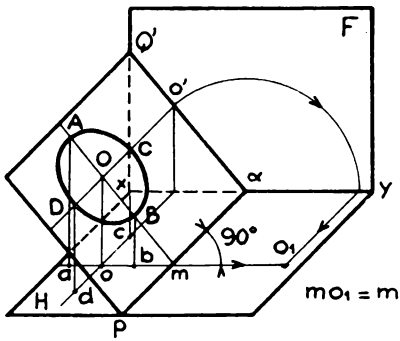



Fig. 2




$mo_1 = mO = \alpha o'$

Fig. 3

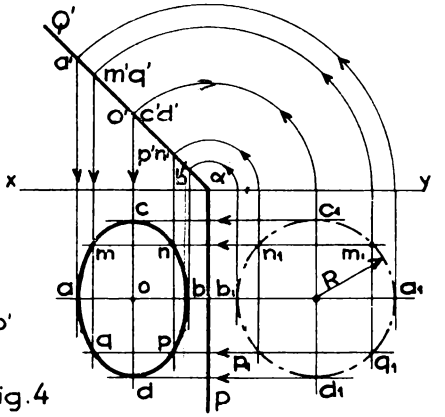



Fig. 4

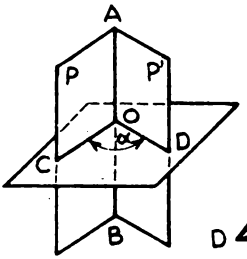



Fig. 5

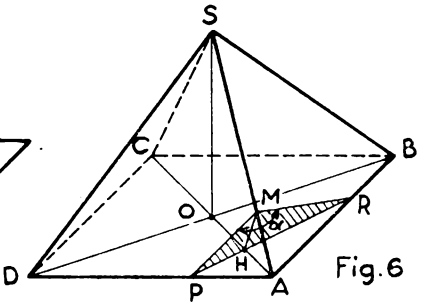



Fig. 6

PR ⊥ OA
MP et MR ⊥ SA
HM ⊥ SA

$os_1 = o's'$
$hm_1 \perp as_1$
$pm_2r = PMR$

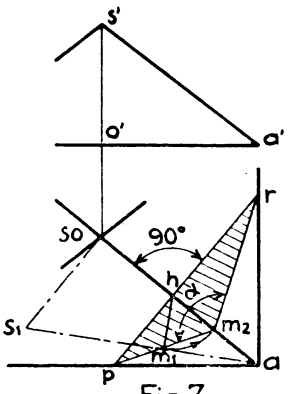



Fig. 7

# 3. Section plane des polyèdres

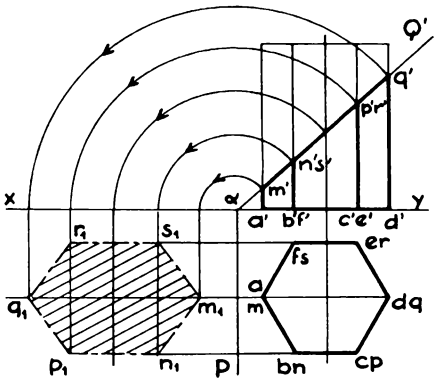
1. **PRISME DROIT.** Exemple : prisme droit ayant pour base un hexagone régulier, reposant sur le plan horizontal et coupé par le plan de bout P$\alpha$ Q' (fig. 1).
**Projections de la section.** $\alpha$ Q' coupe les arêtes en m'n'p'q'r's' ; la projection horizontale se confond avec celle de la base.
**Vraie grandeur de la section.** Rabattre P$\alpha$ Q' sur le plan horizontal ; $m_1n_1p_1$ $q_1r_1s_1$ est la vraie grandeur de la section.
**Développement** de la surface latérale du prisme tronqué (fig. 2) : développer la surface latérale du prisme complet ; porter AM = a'm' ; BN = b'n'.... etc. ; la ligne brisée MNPQRSM$_1$ est la « développée » de la section.

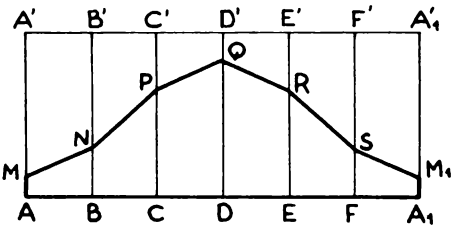
2. **SECTION DROITE D'UN PRISME OBLIQUE DONT LES ARETES SONT DE FRONT** (fig. 3). Couper par un plan de bout P $\alpha$ Q' perpendiculaire aux arêtes latérales du prisme.
**Projections de la section :** les points m'n'p'q' se rappellent en m n p q sur les projections horizontales des arêtes correspondantes.
**Vraie grandeur de la section :** rabattre P $\alpha$ Q' sur le plan horizontal.
**Développement de la surface latérale du prisme,** ou d'un des 2 prismes tronqués : développer la section droite en se servant de sa vraie grandeur, et porter de chaque côté de la section droite, et perpendiculairement à elle, les segments d'arêtes latérales relevés sur la projection verticale, de chaque côté de m'n'p'q'.

3. **SECTION DROITE D'UN PRISME OBLIQUE QUELCONQUE.** Exemple : pied de tabouret (fig. 4). Faire un changement de plan frontal pour amener le prisme à avoir ses arêtes de front ; pour cela prendre $x_1y_1$ parallèle à la projection horizontale des arêtes latérales ; la nouvelle projection verticale donne la vraie grandeur des arêtes. On est alors ramené au cas précédent ; couper le prisme par un plan de bout perpendiculaire aux arêtes latérales et rabattre la section droite.

4. **SECTION PLANE D'UNE PYRAMIDE.** Exemple : pyramide régulière à base hexagonale, reposant sur le plan horizontal et coupée par un plan de bout P $\alpha$ Q' (fig. 5).
**Projection de la section :** $\alpha$ Q' coupe les arêtes latérales en m'n'p'q'r's' que l'on rappelle en m n p q r s sur les projections horizontales des arêtes correspondantes.
**Vraie grandeur de la section.** Rabattre P $\alpha$ Q' sur le plan horizontal.
**Développement** de la surface latérale de la pyramide tronquée (fig. 6). Faire d'abord le développement de la surface latérale de la pyramide entière ; puis porter sur les rayons SA, SB.... etc. du développement, des longueurs égales à la vraie grandeur des segments d'arête limités au plan sécant : s'm' et s'q' se projettent verticalement en vraie grandeur ; une rotation donne en s'n'$_1$ et s'p'$_1$ la vraie grandeur des segments s' n', s' p', s' r', s' t'. La ligne brisée MNPQRTM$_1$ est la développée de la section.

## Prisme droit




Développement

Fig. 1 et 2

## Prisme oblique

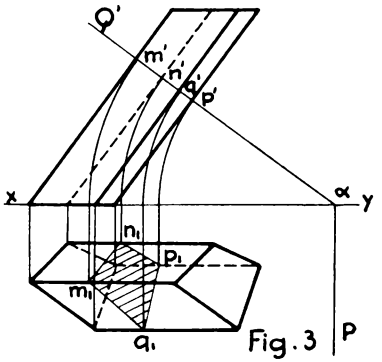



Fig. 3

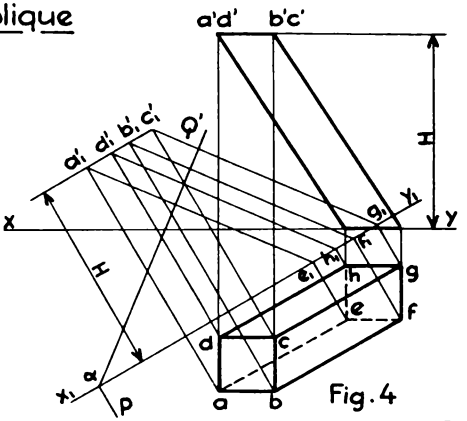



Fig. 4

## Pyramide

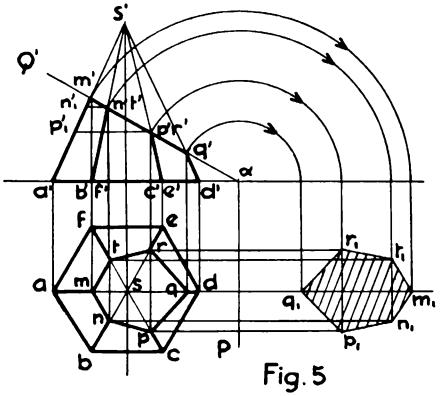



Fig. 5

Développement

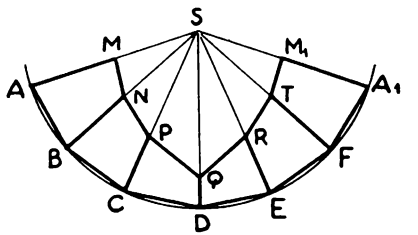



Fig. 6

# 4. Section plane des solides de révolution

On appelle solides de révolution les corps engendrés par la rotation d'une surface plane autour d'un axe situé dans son plan ; ils s'obtiennent facilement, soit par moulage pour les pièces brutes, soit par tournage pour les pièces usinées. Ils possèdent tous la même propriété importante : leur intersection par un plan perpendiculaire à l'axe est un cercle ayant son centre sur l'axe. Les solides de révolution usuels sont le cylindre, le cône, la sphère et le tore.

## 1. SECTION PLANE PAR UN PLAN PARALLELE A UN PLAN DE PROJECTION.

a) **METHODE** (fig. 1). Soit un solide de révolution S, d'axe xy, coupé par un plan F' parallèle au plan frontal F contenant l'axe xy. Couper S et F' par un plan auxiliaire P perpendiculaire à xy, c'est-à-dire un plan de profil. P coupe F' suivant une droite AB, et coupe S suivant un cercle C ; les points d'intersection M et N de AB et du cercle C appartiennent à la fois à S et F' ; ce sont donc des points de leur intersection.

b) **EPURE** (fig. 2). Soit le solide de révolution S, d'axe xy, coupé par un plan de front F' de trace zt. Couper S par un plan auxiliaire de profil P : l'intersection est un cercle de diamètre ab que l'on projette sur le plan de profil ; ce cercle est coupé par le plan F' suivant la corde m' n' ; on rappelle ces points en m et n sur le plan P. En coupant S par d'autres plans de profil, on obtiendra d'autres couples de points, 2 à 2 symétriques par rapport à xy ; ceux de ces plans dont l'intersection avec S est un cercle tangent à zt (diamètre c'd') donnent des points $p_1$ et $p_2$ qui se projettent sur l'axe xy.

c) **CAS PARTICULIERS.**

**Cylindre** (fig. 3). L'intersection par le plan zt parallèle à l'axe est un méplat limité par 2 génératrices $mm_1$ et $nn_1$.

**Sphère** (fig. 4). L'intersection est un cercle de diamètre mn = m'n'.

**Cône** (fig. 5). L'intersection est un arc d'hyperbole que l'on trace point par point par la méthode ci-dessus. Dans le cas d'un tronc de cône limité au plan ab, les arcs de courbe mp et nq peuvent être remplacés par des droites.

**Tore** (fig. 6) : c'est le volume engendré par un cercle tournant autour d'un axe qui ne le rencontre pas. Son intersection par le plan de front de trace zt est une courbe dont la forme dépend de la distance du plan sécant à l'axe. Dans tous les cas, cette courbe se détermine point par point par la méthode précédente : couper par des plans auxiliaires de profil P, coupant le tore suivant 2 cercles de diamètres ab et cd et déterminant 4 points de l'intersection : m n et k l. La courbe est tangente au contour apparent aux points p q $p_1$ $q_1$.

d) **APPLICATION. Tête de bielle** (fig. 7). Cette courbe résulte de 2 opérations d'usinage successives : tournage de l'arrondi de rayon 72 raccordant le corps de bielle à la tête, et fraisage des faces latérales de la tête ; c'est l'intersection d'un tore par un plan. D'où le tracé par la méthode des plans auxiliaires.

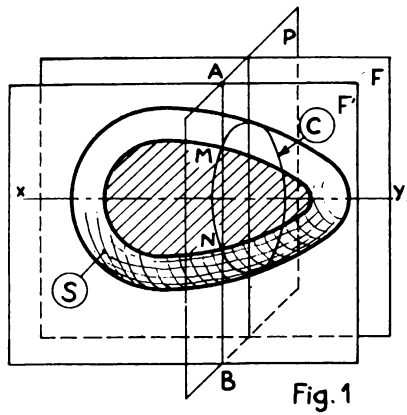



Fig. 1

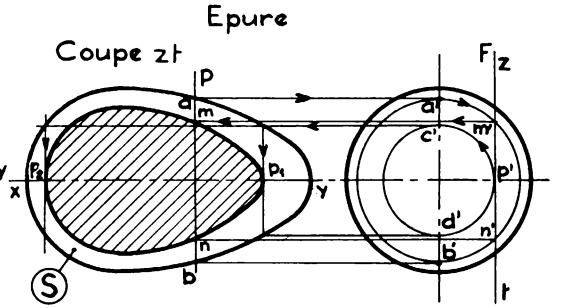



Fig. 2

## Cylindre

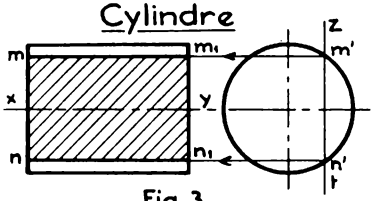



Fig. 3

## Sphère

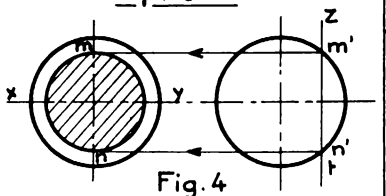



Fig. 4

## Tore

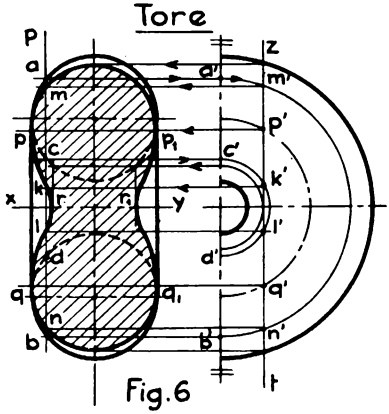



Fig. 6

## Cône

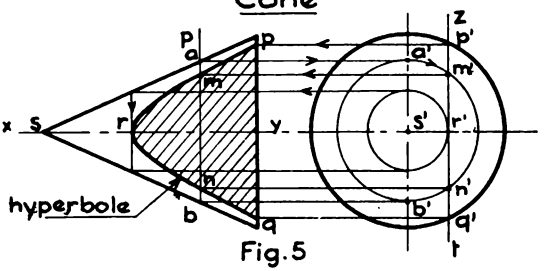



Fig. 5

## Tête de bielle

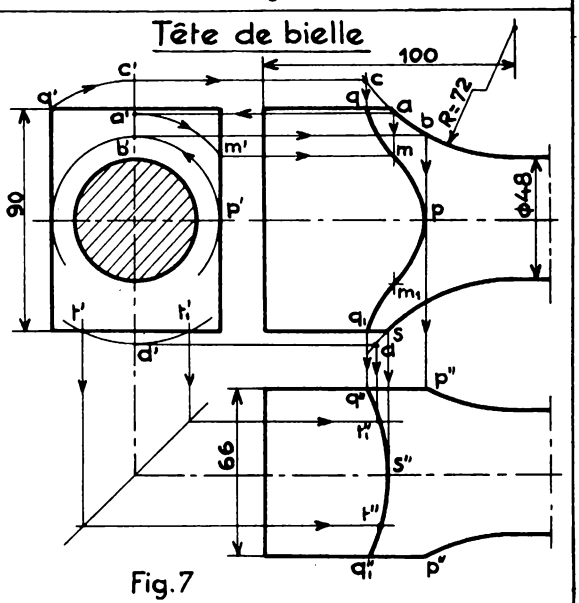



Fig. 7

## 2. SECTION PLANE PAR UN PLAN OBLIQUE PAR RAPPORT AUX PLANS DE PROJECTION.

La même méthode convient encore : couper le solide et le plan sécant par des plans auxiliaires perpendiculaires à l'axe du solide.

a) **CYLINDRE.** L'intersection est une ellipse. Soit un cylindre à axe vertical coupé par un plan de bout P α Q' (fig. 1) ; la section se projette verticalement sur α Q', horizontalement sur le cercle de base ; elle se projette sur un plan de profil suivant une ellipse que l'on détermine point par point, en traçant un certain nombre de génératrices, 8 par exemple : d'où les points mm', nn'.... etc., que l'on rappelle en m'', n''.... etc., en profil.
**Vraie grandeur de la section.** Rabattre P α Q' sur le plan horizontal autour de Pα (voir prisme droit); on peut aussi rabattre la section autour de son grand axe, sur le plan de front contenant l'axe du cylindre (fig. 1) ; porter $n'n'_1 = in$ ; $p'p'_1 = op$.... etc.
**Développement de la surface latérale** (fig. 2). Développer la base, la diviser en 8 parties égales, tracer les génératrices, porter sur elles des segments AM = a'm', B N = b'n'.... etc. ; joindre les points M N P.. d'un trait continu.

b) **SPHERE.** L'intersection est un cercle. Soit une sphère coupée par un plan de bout de trace xy (fig. 3) : couper par des plans horizontaux, $H_1$ par exemple, coupant le plan sécant suivant une droite de bout ef, e'f', et la sphère suivant un cercle de diamètre m n = m' n' ; les points d'intersection e et f de cette droite et de ce cercle sont des points de l'intersection cherchée. La section se projette horizontalement suivant une ellipse de petit axe ab et de grand axe ij (couper par le plan $H_2$ passant par le milieu i'j' de a'b') ; l'ellipse est tangente au contour apparent de la sphère en c et d obtenus en coupant la sphère par le plan $H_3$ passant par le centre O.
**Vraie grandeur de la section :** cercle de diamètre a'b'.
La sphère n'est pas développable.

c) **CONE.** L'intersection est une ellipse si le plan sécant rencontre toutes les génératrices du cône, supposées prolongées indéfiniment ; dans le cas contraire, c'est une hyperbole, en particulier quand le plan sécant est parallèle à l'axe. Lorsqu'il est parallèle à une génératrice, l'intersection est une parabole (fig. 6).

Soit un cône à axe vertical coupé par un plan de bout P (fig. 4). L'intersection se projette verticalement sur P, horizontalement et en profil suivant des ellipses obtenues, soit en coupant par des plans horizontaux, soit en traçant un certain nombre de génératrices : par exemple, P coupe s'd' en q' que l'on rappelle en q sur sd et en q'' sur s''d''. La figure indique le tracé des axes.

**Vraie grandeur de la section :** faire un rabattement.

**Développement** (fig. 5). Développer la surface latérale du cône (secteur circulaire d'angle au sommet $360° \times \frac{o'a'}{s'a'}$) ; tracer les génératrices ; porter SM = s'm' ; SN = $s'n'_1$ vraie grandeur de s'n' .... etc.

## Cylindre

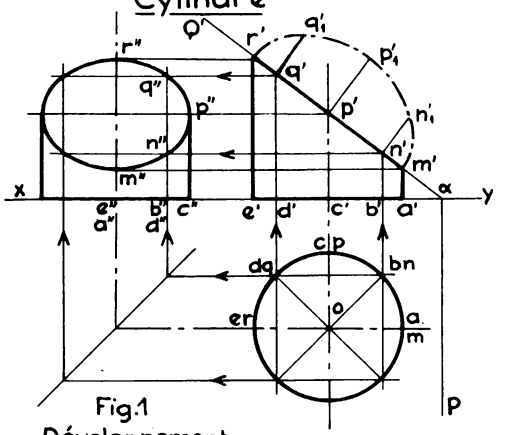
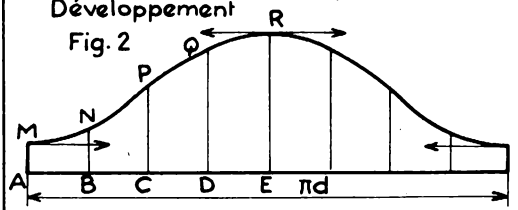



Fig.1

Développement

Fig. 2




## Sphère

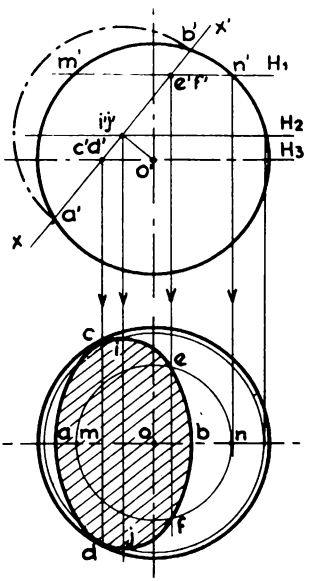



Fig.3

## Cône

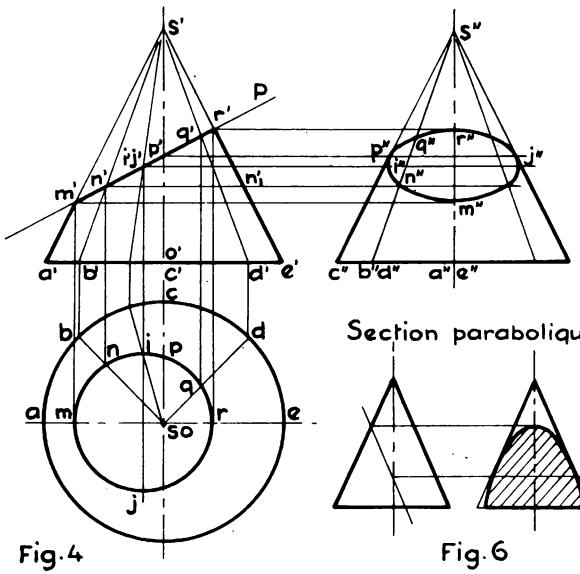



Fig.4

Section parabolique



Fig.6

Développement

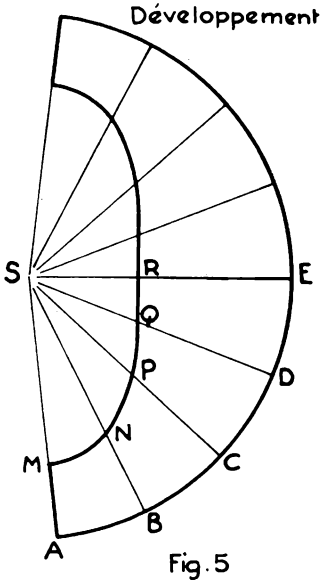



Fig.5

# 5. Intersection de solides de révolution

**1. MÉTHODE** (fig. 1). Soient 2 solides sécants A et B ; les couper par des surfaces auxiliaires (plans ou sphères), choisies de façon que leur intersection avec A et B soit simple (droite ou cercle) ; le plan H, par exemple, coupe A suivant une ligne plane C, et B suivant une autre ligne plane DD' ; ces 2 lignes se coupent en des points M et N appartenant à la fois à A et à B ; ce sont donc des points de leur intersection.

**2. INTERSECTION DE 2 CYLINDRES.**

a) **Axes concourants et perpendiculaires.** Soit un cylindre A à axe vertical et un cylindre B à axe horizontal (fig. 1) ; un plan horizontal H coupe A suivant un cercle C, et B suivant 2 génératrices D et D' coupant C en M et N, points de l'intersection cherchée.
**Epure** (fig. 2). Le plan horizontal H coupe A suivant un cercle et B suivant 2 génératrices se projetant en m'' et n'' sur le plan de profil, en m p et n q sur le plan horizontal ; m et n se rappellent en m' n' sur le plan H. Le plan $H_1$ contenant l'axe yy' donne les points c'd' sur l'axe.
**Cas particulier** (fig. 3). Si les diamètres des 2 cylindres sont égaux, l'intersection se projette suivant 2 segments de droite perpendiculaires.

b) **Axes concourants et obliques** (fig. 4). Couper les 2 cylindres par des plans parallèles au plan des axes (plans de front F sur la figure) ; l'intersection avec chacun des cylindres se compose de 2 génératrices DD', LL' se coupant en des points tels que m' et n', que l'on rappelle sur le plan de profil. Le plan $F_1$ donne les points ab, a'b', a''b'' ; le plan $F_2$ donne le point d se rappelant en d' sur l'axe et en d'' sur le plan de profil.

c) **Axes non concourants, mais orthogonaux.** Exemple : (fig. 5). Couper par des plans horizontaux tels que H rencontrant le cylindre vertical suivant un cercle de rayon r, et coupant le cylindre de bout suivant 2 génératrices dont l'une se projette verticalement en m' n' ; sa projection horizontale coupe le cercle o (r) en m et n qui appartiennent à l'intersection ; rappeler ces points sur le plan de profil. Le plan $H_1$ passant par c'd' donne en profil les points c'' d'', où la courbe d'intersection est tangente au contour apparent du cylindre. Les plans $H_2$ et $H_3$ donnent les points a' a'', b' b''.

La forme de la courbe dépend de la distance d'axes des 2 cylindres relativement à leurs rayons ; si $d > R$, la courbe a une forme ovale (fig. 6) ; si $d = R$, cette courbe est tangente au contour apparent du cylindre vertical ; si $d < R$, la courbe présente un étranglement (fig. 7) ; elle a la forme d'un 8 dans le cas particulier où $d = R - r$ (fig. 8) ; enfin si $d < R - r$, l'intersection se compose de 2 courbes distinctes : fig. 5 (une seule courbe est représentée).

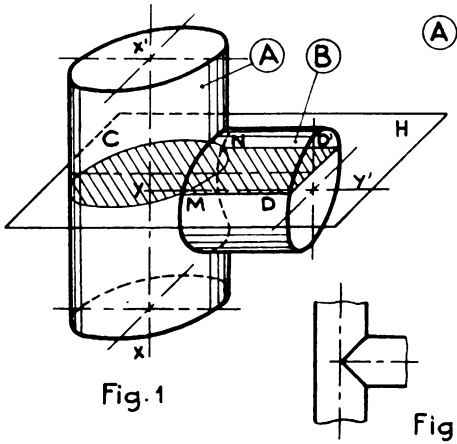



Fig. 1



Fig. 3

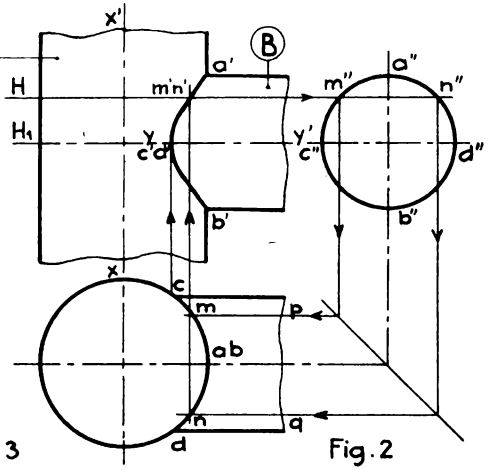



Fig. 2

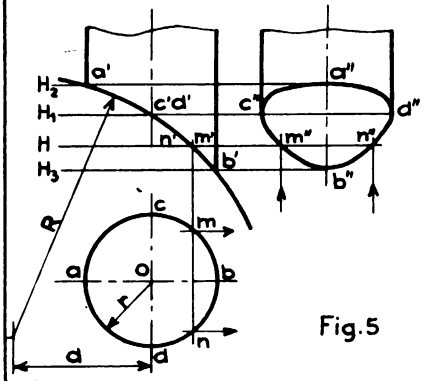



Fig. 5

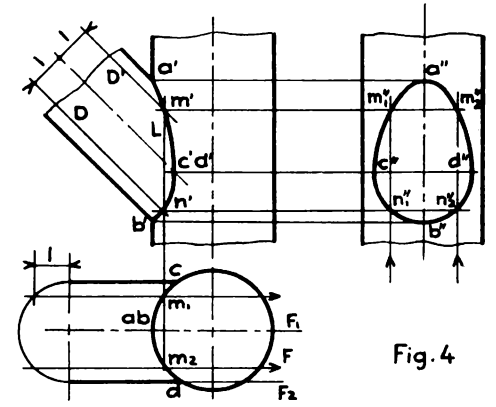



Fig. 4

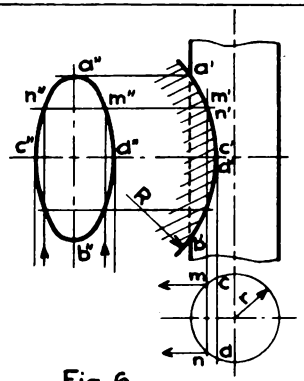



Fig. 6

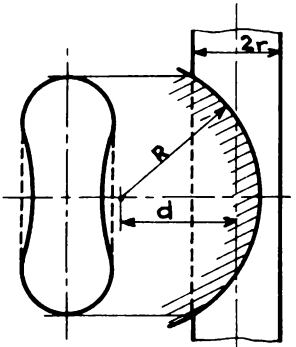



Fig. 7

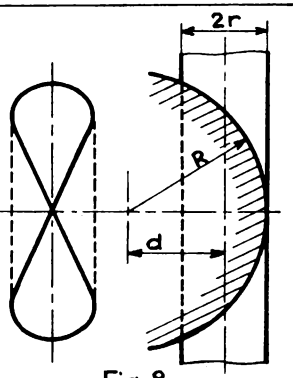



Fig. 8

**3. INTERSECTION D'UN CONE ET D'UN CYLINDRE** (axes concourants et perpendiculaires).

a) **Pénétration du cylindre dans le cône** (fig. 1). Couper par des plans perpendiculaires à l'axe du cône (ici, plans horizontaux) ; le plan H, par exemple, coupe le cône suivant un cercle C de diamètre gh = g'h' et le cylindre suivant 2 génératrices se projetant horizontalement en DD' ; D et D' coupent C en 2 points m et n que l'on rappelle verticalement en m'n' ; ce sont des points de l'intersection.

Les plans $H_1$ et $H_2$, tangents au cylindre, donnent les points aa', bb'. Le plan $H_3$ contenant l'axe du cylindre donne les points cc', dd' (sur la projection horizontale, la courbe est tangente en ces points au contour apparent du cylindre). La sphère S de centre O', tangente aux génératrices du cône, le touche suivant un cercle se projetant verticalement en i'j' ; cette sphère coupe le cylindre suivant 2 cercles dont l'un se projette verticalement en k'l' ; le point e'f' d'intersection de i'j' et de k'l' est un point de l'intersection ; il se rappelle en e f ; en ces points, la courbe présente une tangente verticale.

b) **Pénétration du cône dans le cylindre** (fig. 2). Couper par des plans perpendiculaires à l'axe du cône, H par exemple ; il coupe le cône suivant un cercle C, et le cylindre suivant 2 génératrices D D', d'où les 4 points d'intersection m n p q se rappelant en m' n' p' q' sur le plan sécant. Les points c'' d'' se rappellent en c' d' et en c d.

**4. INTERSECTION D'UNE SPHÈRE ET D'UN CYLINDRE** (ou d'un cône), dont l'axe passe par le centre de la sphère (fig. 3). L'intersection est un cercle qui se projette suivant une droite ou un cercle si l'axe du cylindre est vertical, de bout ou perpendiculaire au plan de profil ; c'est une ellipse si l'axe est oblique par rapport à l'un des plans de projection ; on applique alors la méthode générale d'intersection des solides, en coupant sphère et cylindre par des plans horizontaux, de front ou de profil suivant le cas.

**5. INTERSECTION D'UN TORE ET D'UN CYLINDRE.** Cette intersection se rencontre sur les manivelles (fig. 5) : raccordement de la tête sur le corps ; il suffit de couper par des plans horizontaux.

**6. COURBE RÉSULTANT DE 2 CONGÉS** (fig. 6). C'est l'intersection de 2 cylindres ; il suffit de couper par des plans horizontaux.

**Remarque.** Sur les solides qui restent bruts, les angles vifs sont abattus par des congés ou des arrondis ; pour marquer le relief, on trace généralement les courbes d'intersection en trait fin (arête fictive) entre les points de rencontre des génératrices des solides (fig. 4).

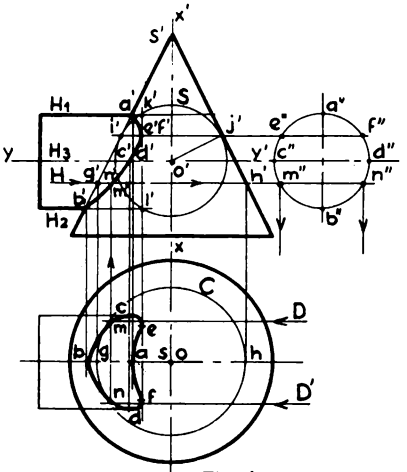



Fig.1

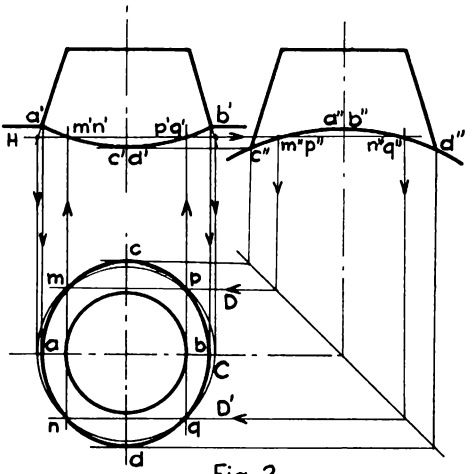



Fig.2

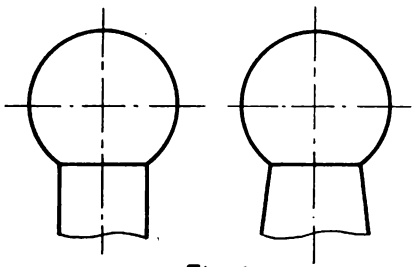


Fig.3

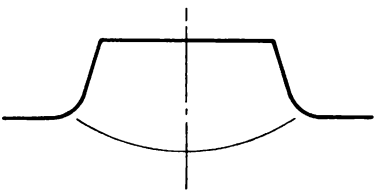


Fig.4

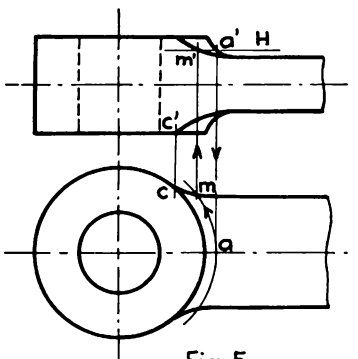



Fig.5

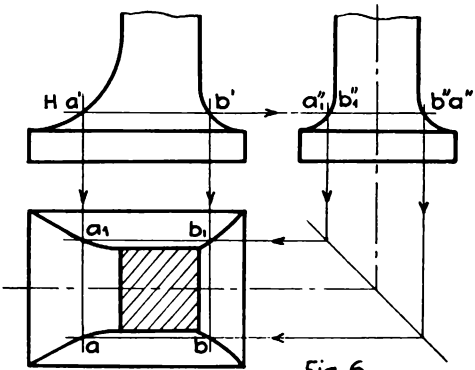



Fig.6

# IV. - PERSPECTIVE

**1. BUT.** Donner d'un objet normalement représenté suivant la méthode des projections, une représentation complémentaire permettant de mieux se rendre compte, à première vue, de l'aspect général de cet objet.

**2. PERSPECTIVE CAVALIERE**

1. **Définition :** Projection oblique, parallèlement à une direction donnée, sur un plan de projection parallèle à l'une des faces du cube de projection.
2. **Principes :**
   a) Les figures contenues dans un plan de front se projettent en vraie grandeur.
   b) Les droites perpendiculaires au plan de front se projettent suivant des droites parallèles appelées **fuyantes ;** l'angle $\alpha$ qu'elles font avec l'horizontale, ou **angle des fuyantes,** est choisi arbitrairement ; leur longueur est réduite dans un certain rapport $k$ appelé **rapport de réduction.**

   Il résulte de ces principes que les parallèles restent parallèles, les verticales restent verticales, les fronto-horizontales se projettent horizontalement ; les angles sont déformés, sauf ceux qui sont contenus dans un plan de front.
3. **Choix de l'angle $\alpha$ et du rapport $k$.** Pour faciliter le tracé rapide avec les équerres, choisir les angles de 30°, 45°, 60° ; on choisit quelquefois 90° pour les solides de révolution à axe vertical. Le rapport $k$ est plus petit que l'unité et varie avec l'angle des fuyantes. La norme NF.E.04.108 recommande de prendre $\alpha = 45°$ et $k = 0{,}5$.
4. **Perspective cavalière des surfaces planes.**
   a) **Rectangle et carré :** Leur perspective est un parallélogramme (fig. 6).
   b) **Triangle - Parallélogramme - Trapèze - Losange :** Les inscrire dans un rectangle et projeter d'abord celui-ci. Exemple : triangle (fig. 6) ; tracer la perspective du rectangle ABCD, puis porter A'M' = AM et joindre M'C' et M'D'. Trapèze : voir fig. 7.
   c) **Hexagone régulier.** On utilise la propriété suivante : dans un hexagone régulier (fig. 8), on a : AI = IO = OH = HD.
   Hexagone dans un plan horizontal : voir fig. 9.
   Hexagone dans un plan de profil : voir fig. 10.
   d) **Circonférence.** Sa perspective est une ellipse ; pour la tracer, inscrire la circonférence dans un carré ABCD ; dessiner ce carré en perspective ; tracer les médianes E'G' et F'H' ; l'ellipse doit passer par les points E'F'G'H' et être tangente en ces points aux côtés du parallélogramme A'B'C'D' (fig. 12 et 13).

   Pour trouver d'autres points, utiliser le tracé indiqué page 19, fig. 8 : dans un cercle (fig. 11), les points d'intersection de H 1, H 2, H 3 avec F1', FK, F3' sont sur la circonférence ; ce tracé est applicable à l'ellipse, mais si celle-ci est de petites dimensions, on peut se contenter d'un point intermédiaire M ; remarquer que H 2 passe par A, d'où joindre H'A' et F'K' (K' milieu de A'E').
5. **Perspective cavalière des solides.**
   a) **Cube - Parallélépipède rectangle** (fig. 1), page 45.

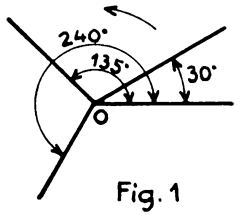



Fig. 1

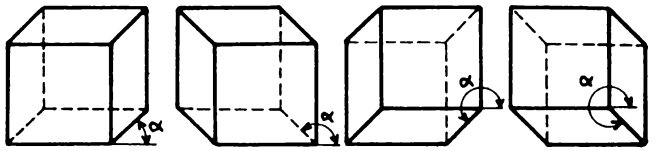
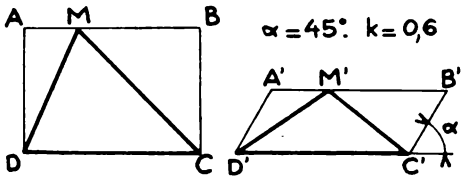



Fig. 2. $\alpha = 45°$ 3. $\alpha = 135°$. 4. $\alpha = 225°$. 5. $\alpha = 315°$

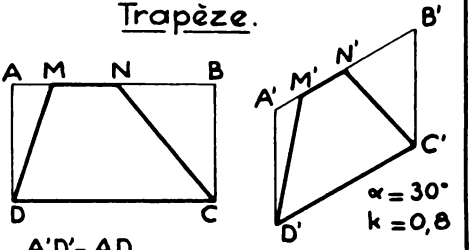
## Rectangle et triangle.




C'D' = CD. C'B' = CB × 0,6. A'M' = AM.

Fig. 6

## Trapèze.




A'D' = AD

C'D' = CD × 0,8. A'M' = 0,8 AM. Fig. 7

## Hexagone

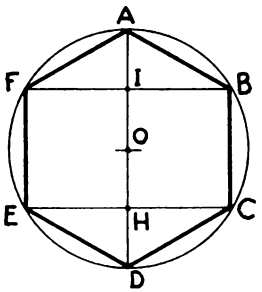
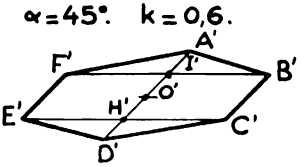



Fig. 8




E'C' = EC. A'D' = 0,6 AD

Fig. 9

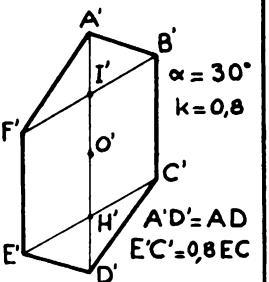



Fig. 10

## Circonférence

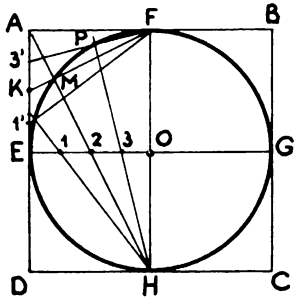
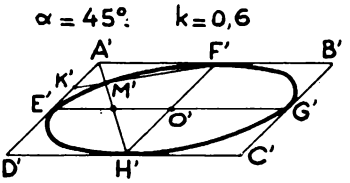
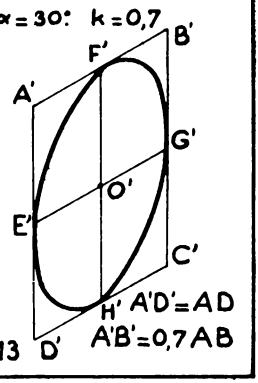



Fig. 11




A'B' = AB. A'D' = 0,6 AD

Fig. 12




A'D' = AD

A'B' = 0,7 AB

Fig. 13

b) **Prisme droit.** Exemple : prisme à base hexagonale (fig. 2). Tracer une base, la hauteur, l'autre base ; terminer par les arêtes latérales.
c) **Pyramide régulière** (fig. 3). Tracer la base, la hauteur, les arêtes latérales.
d) **Tronc de pyramide régulière** (fig. 4). Même tracé.
e) **Cylindre droit** (fig. 5). Tracer les deux bases, puis les génératrices de contour apparent, tangentes aux deux bases.
f) **Cône droit** (fig. 6). Même tracé.
g) **Tronc de cône droit** (fig. 7). Même tracé.

6. **Remarques.**
a) Lorsqu'une pièce présente de nombreux cercles, chercher la disposition qui donne le moins d'ellipses possible, en mettant les cercles de front (fig. 8).
b) Supprimer les arêtes cachées chaque fois qu'on le peut, pour rendre le dessin plus clair.
c) On peut, comme dans la méthode des projections, faire des coupes ou des demi-coupes ; dans le cas du cylindre, le plan frontal de coupe ne passe pas par la génératrice de contour apparent (fig. 9) ; celle-ci subsiste en AB.
d) Les congés et arrondis ne peuvent quelquefois s'indiquer qu'au moyen d'ombres (exemple, fig. 10) ; s'aider des ellipses qui marquent le début et l'extrémité des arcs de raccordement.

## 3. PERSPECTIVE AXONOMETRIQUE (d'après NF. E. 04. 108).

1. **Définition :** Projection orthogonale de l'objet sur un plan de projection oblique défini par les angles que font entre elles les projections sur ce plan des trois arêtes concourantes AB, AC, AD du cube de référence : angles $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ (fig. 11 et 12). La perspective est dite *isométrique, trimétrique, dimétrique,* suivant que ces angles sont tous égaux, tous différents, ou que deux d'entre eux sont égaux.
2. **Propriétés.**
a) Toute droite de l'objet parallèle à une arête du cube se projette en direction et proportion comme l'arête correspondante.
b) Tout cercle situé dans un plan parallèle à une face du cube se projette en direction et proportion comme le cercle tracé sur la face correspondante du cube.
3. **Perspectives recommandées.**
a) **Perspective isométrique** (pour exécution simple) : $\alpha = \beta = \gamma = 120°$ (fig. 11) ; si $a$ est le côté du cube, AB=AC=AD=0,82 $a$ ; les grands axes des ellipses sont perpendiculaires aux arêtes AB, AC, AD et égaux à $a$ ; les petits axes sont égaux à 0,58 $a$.
b) **Perspective trimétrique** (pour séparer au maximum les projections d'arêtes) : $\alpha = 105°$ ; $\beta = 120°$ ; $\gamma = 135°$.
c) **Projection dimétrique usuelle** (pour représenter les pièces ayant une face prépondérante) : $\alpha = \beta = 131° 30'$ ; $\gamma = 97°$ (fig. 12).
d) **Projection dimétrique redressée** (pour représenter les pièces allongées) : $\alpha = \beta = 105°$ ; $\gamma = 150°$.

**Remarque :** Appliquer aux lignes de cotes et aux lignes d'attache les mêmes règles de projection qu'à l'objet lui-même.

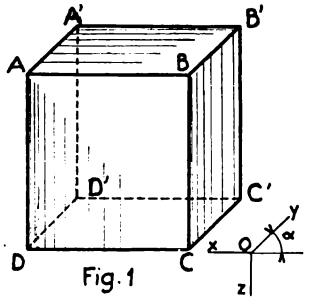


Fig. 1

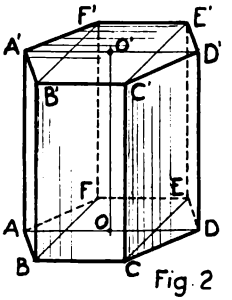


Fig. 2

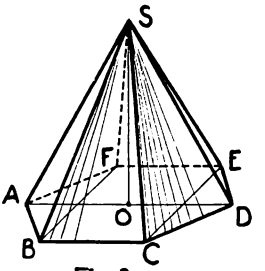


Fig. 3

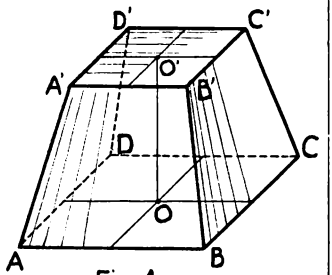


Fig. 4

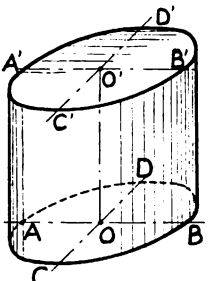


Fig. 5

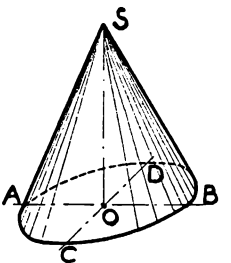


Fig. 6

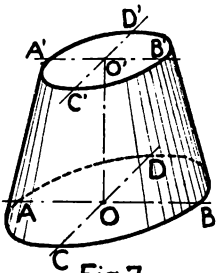


Fig. 7

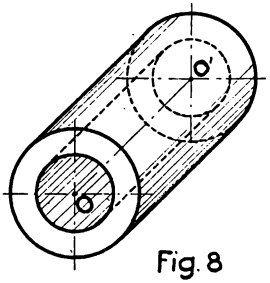


Fig. 8

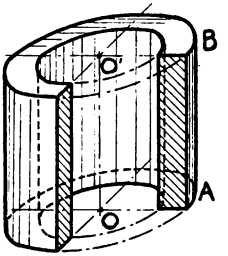


Fig. 9

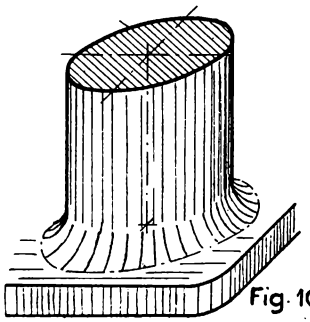


Fig. 10

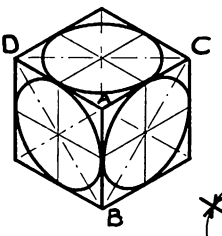
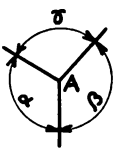


Fig. 11



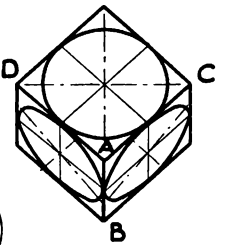



Fig. 12

# V.-CONVENTIONS DU DESSIN INDUSTRIEL

## 1. Présentation des dessins

(NF. E. 04.001 à 04.004)

**1. FORMATS** (fig. 1).

Format de base : Ao. Dimensions 840 × 1188. Surface 1 m².

Par subdivision par moitié, on obtient les formats :

$A_1 = 594 \times 840$. $A_3 = 297 \times 420$.

$A_2 = 420 \times 594$. $A_4 = 210 \times 297$.

Ces différents formats sont semblables entre eux ; leurs côtés sont dans le rapport de 1 à $\sqrt{2}$.

**2. PLIAGE** (fig. 2).

Exécuter le pliage des dessins au format $A_4$, d'abord dans le sens de la hauteur (d'avant en arrière), puis en accordéon de façon à laisser visible, en bas et à droite, le cartouche d'inscriptions.

**3. CARTOUCHE D'INSCRIPTIONS** (fig. 3).

Prévoir le cartouche en bas et à droite du dessin, de largeur inférieure à 190 mm, pour le pliage.

a) **Case d'identification** (fig. 4) : à placer en bas et à droite du cartouche ; l'encadrer d'un trait fort. Elle comprend : le nom de la firme en abrégé, le numéro du dessin, les indices de modification.

b) **Autres inscriptions :** titre, échelle, nomenclature, modifications (indices, date, nature) : à disposer à gauche et au-dessus de la case d'identification. Exemple de disposition : fig. 3 (extraite des normes).

**4. NOMENCLATURE :** tableau comprenant toutes les indications indispensables pour faire les récapitulations nécessaires aux différents ateliers (approvisionnements, modèles, montage, etc.). La nomenclature pourra comprendre les colonnes suivantes : désignation, numéro de la pièce, numéro du dessin, nombre de pièces, matière à fournir à l'atelier (nature, état physique, forme), numéro du modèle, traitement thermique, poids, renseignements divers.

Faire la nomenclature sur une feuille séparée ou sur le dessin ; la placer à gauche ou au-dessus du cartouche d'inscriptions ; la commencer par le bas.

**5. APPLICATION AUX DESSINS SCOLAIRES.**

a) **Formats.** Adopter les formats normalisés ; pour les calques, faire un cadre aux formats normalisés, et laisser autour une bande de quelques mm.

b) **Pliage.** N'est pas à prévoir ; les formats seront donc utilisés dans n'importe quel sens.

c) **Cartouche.** On pourra adopter la disposition ci-contre. Longueur : variable suivant la longueur du titre, mais inférieure en principe à 200 mm. Hauteur : 40 à 50 mm.

d) **Nomenclature.** On peut se contenter d'une nomenclature simplifiée (fig. 5); la placer au-dessus ou à gauche du cartouche.

Chaque pièce est repérée par une lettre ou un nombre reproduit sur le dessin, entouré d'une circonférence de ∅ 10, reliée à la pièce par un trait fin ; grouper tous les repères sur une ou deux lignes verticales ou horizontales pour faciliter la recherche des pièces.

Format $A_0$

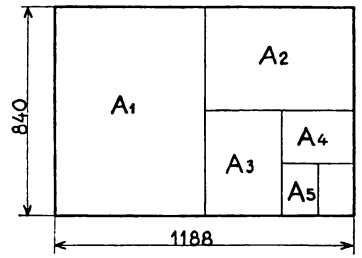



Fig.1

Exemple de pliage (format $A_1$)

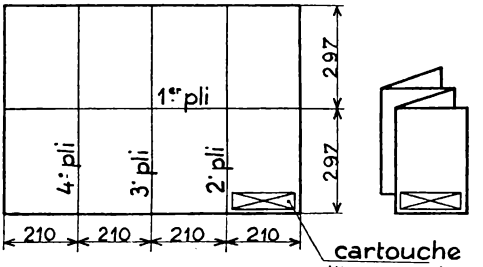



Fig.2

Cartouche d'inscriptions

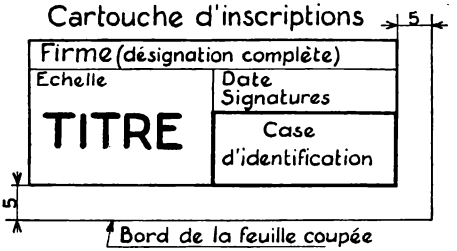



Fig. 3

Case d'identification

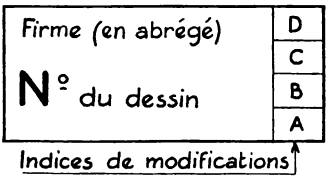



Fig.4

| Repère | Nombre | Désignation | Matière | Poids | Observations |
|---|---|---|---|---|---|
| C | 1 | Vis de manœuvre | Acier doux | 0,4 | ▽partout |
| B | 1 | Soupape | Bronze | 0,1 | Rodée |
| A | 1 | Corps | Fonte | 2,4 kg | |

Collège technique de NIMES — 3e A

Echelle : 1

15-1-48

P. DUVAL

# ROBINET

N° 10

Bord de la feuille coupée

Fig.5

Désigner chaque pièce par sa fonction. Exemple : boulon de serrage de A.

Désigner la matière d'une manière aussi précise que possible.

Prévoir une colonne « Observations » pour les indications d'usinage, traitements thermiques, etc.

# 2. Écritures

(E. 04. 105)

**1. DIFFERENTES SORTES D'ECRITURES.**

La norme NF. E. 04. 105, d'octobre 1949, ne fait plus mention des écritures « ronde » et « bâtarde ». La seule écriture normalisée est donc l'écriture bâton, qui peut se faire droite ou inclinée (inclinaison 75°).

**2. PLUMES EMPLOYEES.** L'écriture bâton peut se faire :

a) Avec une plume à entonnoir, et en se servant d'une grille trace-lettres ;

b) Avec une plume à palette, l'écriture étant faite à main levée.

Nous recommandons l'emploi des plumes à palette ; elles nécessitent l'étude de la forme des lettres, de leur largeur, de leur intervalle ; mais on obtient vite de bons résultats.

**3. FORME DES LETTRES** *(voir planche)*. Les lettres I et J majuscules ne comportent pas de point ; mais la lettre I peut comporter un tréma ou un accent circonflexe ; les lettres E, A, U majuscules peuvent comporter un accent.

**4. HAUTEUR DES LETTRES.** Elle est fonction du corps d'écriture.

a) **Corps.** Les hauteurs de corps normalisées sont :

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Série principale : | 1 | | 1,6 | | 2,5 | | 4 | | 6,3 | | 10 |
| Série secondaire : | | 1,2 | | 2 | | 3,2 | | 5 | | 8 | |

Au-delà de 10, multiplier par 10 les valeurs ci-dessus.

b) **Minuscules.** Sans jambage : 1 corps.
Avec jambage (h, g, etc.) : 1,6 corps.
Lettre t : 1,4 corps.

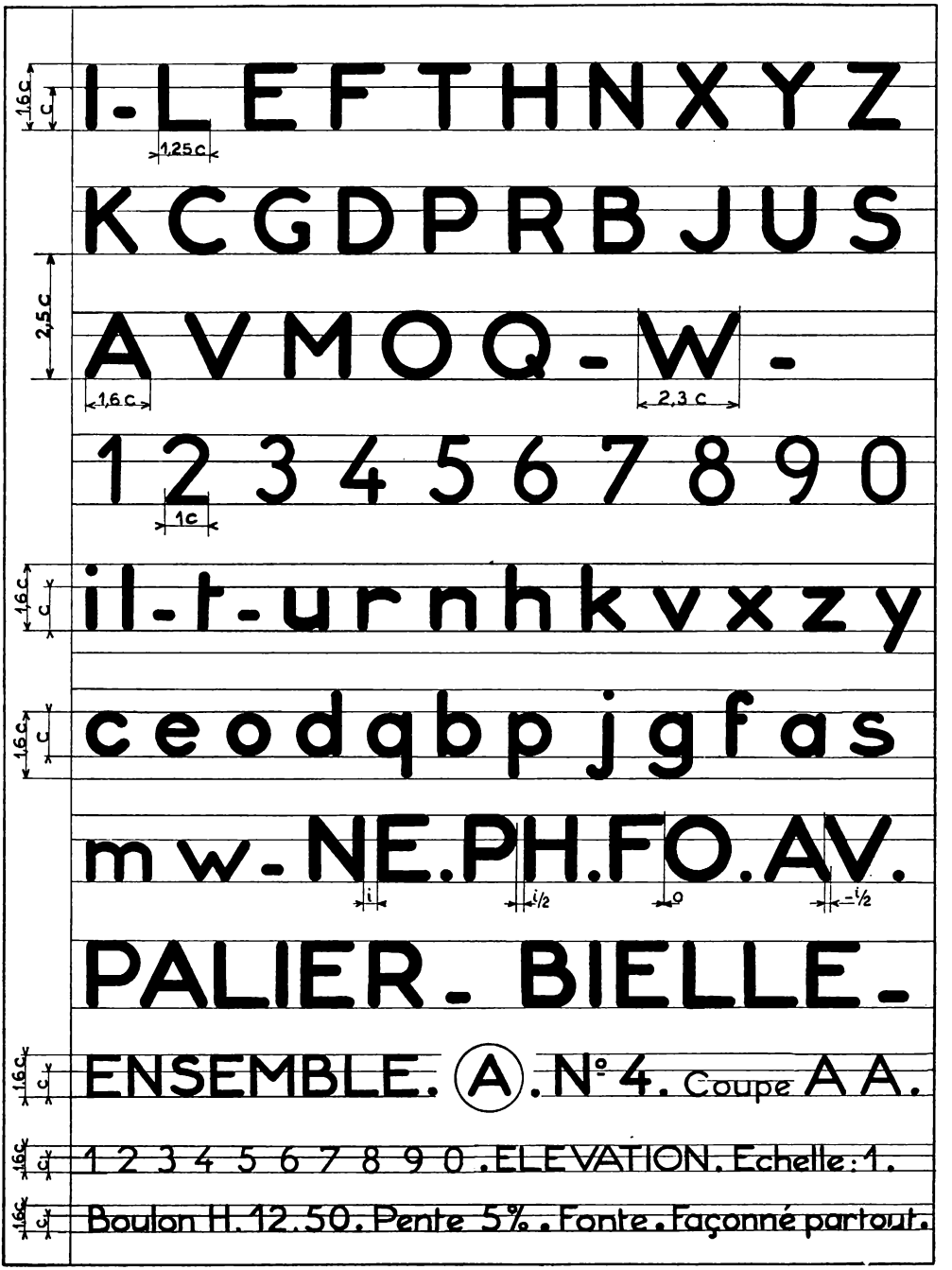
c) **Majuscules :** 1,6 corps (comme minuscules avec jambage).

d) **Chiffres :** 1,6 corps comme les majuscules.

**Remarque.** Valeur de 1,6 corps pour les hauteurs recommandées :

| Corps | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6,3 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,6 corps | 1,6 | 2,5 | 4 | 6,3 | 10 | 16 |

Remarquer que la hauteur 1,6 corps donne la hauteur du corps suivant.


I-L E F T H N X Y Z
1,25 c
K C G D P R B J U S
2,5 c
A V M O Q - W -
1,6 c
2,3 c
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
1 c
1,6 c
c
i l - t - u r n h k v x z y
c e o d q b p j g f a s
m w - N E . P H . F O . A V .
i
i/2
o
-i/2
PALIER - BIELLE -
ENSEMBLE. (A). N° 4. Coupe A A.
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 . ELEVATION. Echelle : 1.
Boulon H. 12.50. Pente 5%. Fonte. Façonné partout.

5. **LARGEUR DU TRAIT.** Par le choix de la plume, on peut obtenir, pour une même hauteur, un trait plus ou moins large.
   *a)* **Ecriture courante :** largeur du trait : 0,2 corps environ.
   *b)* **Ecriture grasse :** admise pour un texte tout en majuscules.
   *c)* **Ecriture maigre :** admise pour écriture déliée, en minuscules ou en majuscules.
   Pour l'écriture courante, nous recommandons les plumes suivantes :

| Corps | 1,6 | 2,5 | 3,2 | 4 | 6,3 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Plume | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1 | 1,5 | 2 |

   Pour l'écriture tout en majuscules, corps 6,3 et 10, prendre les plumes de 2 à 2,5.
   Flèches et chiffres de cotes : plume de 0,5 mm ou de 0,25.

6. **LARGEUR DES LETTRES.** Elle est arbitraire et peut être choisie en fonction de l'espace dont on dispose. Dans un but de simplification, nous proposons l'adoption des largeurs suivantes :
   a) **Majuscules :** 1,25 corps (soit 8 mm pour un corps de 6,3, majuscules de 10) pour toutes les lettres, sauf les lettres A, V, M, O, Q, que l'on fera aussi larges que hautes : 1,6 corps ; la lettre W : 2,3 corps (soit 15 mm pour un corps de 6,3), et la lettre I, d'épaisseur égale à celle du trait.
   b) **Chiffres :** largeur 1 corps, sauf le chiffre 1, plus étroit.
   c) **Minuscules :** largeur 1 corps pour toutes les lettres, sauf les lettres f, j, t qui sont moins larges, les lettres m et w qui sont plus larges, les lettres i et l qui ont l'épaisseur du trait.

7. **INTERVALLE DES LETTRES.** Entre 2 lettres consécutives, laisser en principe un intervalle égal à l'épaisseur du trait ; exemple : lettres NE, limitées par des barres verticales voisines. Mais cet intervalle doit être réduit (exemple : PH), ou même supprimé (FO), afin que les lettres paraissent régulièrement espacées. Dans certains cas, les lettres doivent chevaucher (exemple : AV).

8. **INTERVALLE DES MOTS.** Laisser au moins la largeur d'une lettre.

9. **INTERVALLE DES LIGNES.** 2,5 corps environ.

10. **EMPLOI.** L'écriture bâton se fait en minuscules, ou tout en majuscules. Pour les dessins scolaires, on peut se contenter des corps de 2,5 - 4 - 6,3, utilisés de la façon suivante :
    a) **Corps 6,3 :** titre principal, de préférence tout en majuscules.
    b) **Corps 4 :** sous-titre ; repères de nomenclature (lettres majuscules ou chiffres) ; numéro du dessin ; lettres repères des plans de coupe (majuscules).
    c) **Corps 2,5 :** toutes les autres écritures du cartouche, de la nomenclature et du dessin : nom des vues, notes d'usinage, cotes, chiffres, etc.
    Exemples d'emploi : voir pages 45 et 47.

# 3. Traits

(E. 04. 103)

## 1. NATURE DES TRAITS.

a) **Trait continu.**

b) **Trait interrompu long :** éléments aussi longs que le permet la clarté du dessin.

c) **Trait interrompu court :** éléments courts, nettement plus courts que les précédents.

d) **Trait mixte :** éléments alternativement courts et longs.

## 2. LARGEUR DU TRAIT.

a) **Trait fort :** aussi large que le permettent l'échelle, la nature, l'exécution, la parfaite lisibilité du dessin et des reproductions.

b) **Trait moyen :** 0,5 de la largeur du trait fort.

c) **Trait fin :** 0,25 à 0,2 de la largeur du trait fort, avec minimum de 0,1 mm environ.

Conserver la même largeur de trait pour les différentes vues d'une même pièce, dessinées à la même échelle.

## 3. EMPLOI.

a) **Continu fort :** arêtes et contours vus des vues, sections sorties et coupes, flèches indiquant le sens d'observation.

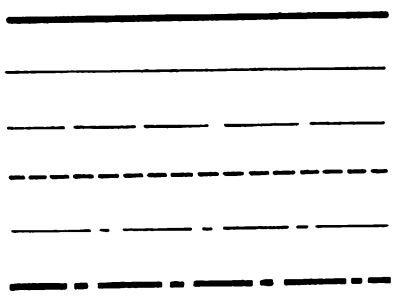
b) **Continu fin :** lignes d'attache et de cotes, fonds de filets des filetages vus, hachures, contours de sections rabattues, arêtes et contours fictifs qui seraient vus s'ils étaient réels, contours de pièces voisines, contours initiaux éliminés par le façonnage, constructions géométriques, diagonales des méplats et faces des carrés de manœuvre, limites de vues ou coupes partielles, si cette limite n'est pas un axe (tracé à main levée).

c) **Interrompu long et fin :** certaines hachures, cuivre par exemple.

d) **Interrompu court moyen :** arêtes et contours cachés ; filetages cachés.

e) **Mixte fin :** axes et traces des plans de symétrie ; positions extrêmes des pièces mobiles, parties situées en avant d'un plan de coupe ; partie médiane des traces des plans de coupe ; circonférence primitive des engrenages.

f) **Mixte fort :** indication de surfaces devant subir un traitement complémentaire.



Continu fort.

Continu fin.

Interrompu long et fin.

Interrompu court moyen.

Mixte fin.

Mixte fort.

# 4. Projections

(PN. E. 04. 101)

1. **PRINCIPE.** Nous avons vu comment la géométrie descriptive permettait la représentation d'un solide au moyen de ses projections sur deux ou trois plans. Ces principes forment la base de la méthode des projections.

2. **CONVENTIONS.**
   1. **Choix des plans de projection :** Ce sont les six faces d'un cube, appelé « cube de projection « (fig. 1) ; les faces supérieure et inférieure sont horizontales, les faces avant et arrière sont de front, les faces latérales sont de profil.
   2. **Position du solide :** Il est placé à l'intérieur du cube de projection, et de façon que ses faces ou ses plans de symétrie soient parallèles ou perpendiculaires aux faces du cube.
   3. **Mode de rabattement.** Après projection du solide sur les six faces du cube, celles-ci sont rabattues sur le plan de front arrière comme en géométrie descriptive, la face avant se rabattant conventionnellement à droite du plan de profil de droite (fig. 2).
   4. **Suppression des intersections des plans ou lignes de terre** (fig. 4).
   5. **Suppression des lignes de rappel entre les vues.** Cependant, les vues doivent se correspondre horizontalement et verticalement comme si les lignes de rappel existaient ; observer aussi l'égalité entre les cotes e (épaisseur de la pièce).
   6. **Lignes cachées.** Les lignes vues (arêtes et contours apparents) se font en trait continu, les lignes cachées en trait interrompu court.
   7. **Nom des vues.** Le nom donné à chaque vue rappelle la position que doit occuper un observateur pour voir la pièce se projeter sur le plan de projection correspondant, les rayons visuels étant parallèles entre eux et perpendiculaires au plan de projection, la pièce étant placée entre l'observateur et le plan de projection (fig. 5).
      **Vue de face :** Observateur placé face au solide, projection sur le plan de front arrière.
      **Vue de dessus :** Observateur placé au-dessus du solide, projection sur le plan horizontal inférieur.
      **Vue de gauche :** Obsertaveur placé à gauche du solide, projection sur le plan de profil de droite (fig. 4 et 5), etc.
      Il résulte du mode de rabattement que la **vue de dessus** se trouve, après rabattement, **au-dessous** de la vue de face, la **vue de gauche** à droite, etc.
      **Remarque :** Cette méthode, dite européenne, ou méthode E, est rappelée par le symbole représenté fig. 6, qui doit figurer dans le cartouche à côté de l'indication de l'échelle (voir p. 45), afin de la distinguer de la méthode américaine, ou méthode A, dans laquelle le plan de projection est situé entre l'observateur et la pièce ; la vue de dessus est alors située au-dessus de la vue de face, la vue de gauche à gauche, etc. ; cette méthode est indiquée par le deuxième symbole de la figure 6.

3. **VUES PARTICULIERES.**
   1. **Vues déplacées par translation.** Pour des raisons d'encombrement, ou de

Cube de projection

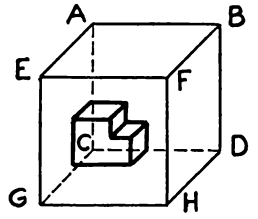



Fig.1

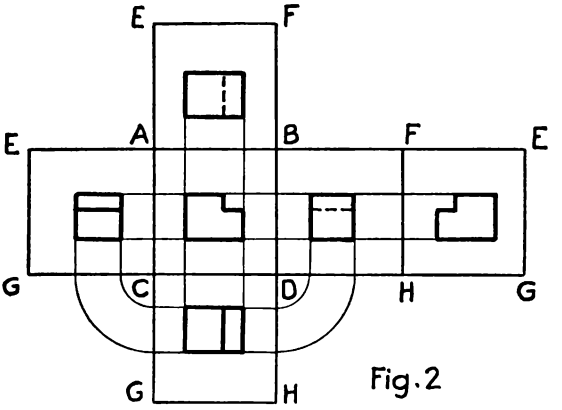



Fig.2

Perspective

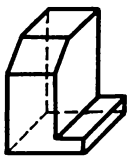


Fig.3

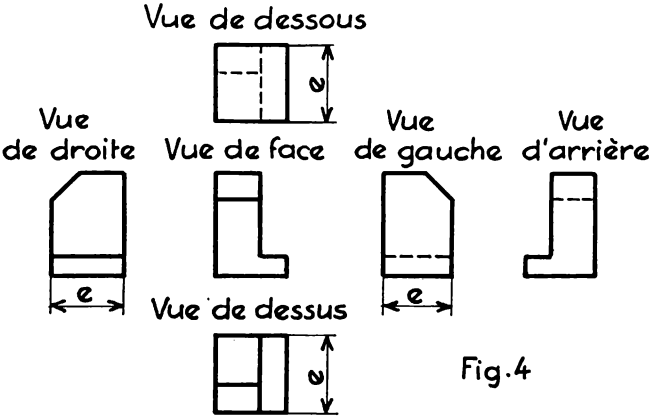



Fig.4

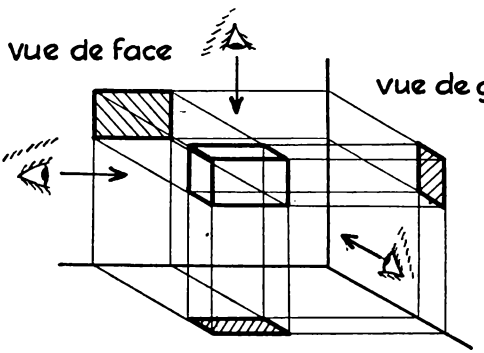
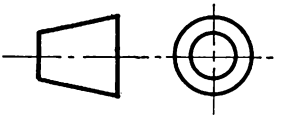



Fig.5 vue de dessus

Méthode E



Méthode A

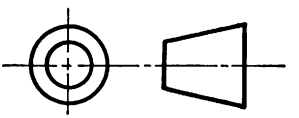


Fig.6

simplification des projections, on peut exceptionnellement ne pas donner aux vues leur place normale ; dans ce cas, indiquer la direction d'observation par une flèche repérée par une lettre majuscule, la même lettre désignant obligatoirement la vue déplacée. Ex. : fig. 1 et 2.

2. **Vues interrompues.** Dans certains cas, on peut se borner à une représentation des parties essentielles permettant de définir, à elles seules, la forme complète de la pièce ; c'est le cas de pièces longues et de section constante ; les parties conservées sont rapprochées les unes des autres et limitées par un trait continu fin, tracé à main levée (fig. 3).
3. **Vues partielles.**
   a) **Pièces symétriques.** Les pièces présentant des plans de symétrie peuvent n'être représentées que par une demi-vue ou un quart de vue ; c'est le cas notamment de la vue en bout des solides de révolution ; la vue est limitée aux traces des plans de symétrie, et celles-ci sont repérées par deux petits traits parallèles tracés perpendiculairement à cette trace, à chacune de ses extrémités (fig. 4).
   b) **Projections obliques.** Lorsqu'une partie de pièce ne se projette pas en vraie grandeur sur l'un des plans principaux de projection, on peut choisir un plan oblique de projection pour cette partie seulement (fig. 5) ; chaque vue partielle est limitée, comme dans le cas des vues interrompues, par un trait continu fin tracé à main levée.
4. **Pièces de révolution.** Ces pièces, formées de cylindres, cônes, sphères, tores, sont fréquentes en construction mécanique, car leur exécution est simple et économique. Une seule vue suffit à leur détermination : vue longitudinale, ou coupe par un plan contenant l'axe de rotation, ce qui permet de déterminer et de coter la section génératrice (fig. 6). Si la pièce comporte 2 plats, ou un carré, faire ressortir les faces planes en traçant leurs diagonales en trait fin (fig. 7).

   Pour les pièces comportant des trous ou des bras rayonnants régulièrement répartis, représenter toujours ceux-ci, en projection parallèle à l'axe, comme si leur axe était ramené dans le plan méridien de projection (fig. 4) ; ajouter une vue en bout, complète ou partielle, s'il y a lieu de préciser leur répartition par rapport aux plans principaux de la pièce.

4. **CHOIX DES VUES.** Choisir les vues les plus représentatives et comportant le minimum de parties cachées, de façon à définir la pièce complètement et sans ambiguïté au moyen d'un nombre de vues aussi réduit que possible ; dans le cas de la fig. 4, p. 51, par exemple, ce sont les vues de face, de droite et de dessus. Utiliser les vues particulières ci-dessus pour simplifier la représentation ; utiliser également les coupes et sections, étudiées au chapitre suivant.

5. **ÉCHELLES.** Se limiter, si possible, aux échelles suivantes :

   Grandeur d'exécution : 1 ; à employer de préférence pour les dessins de conception.

   Réduction : 0,5 - (0,4) - 0,2 - 0,1 - 0,05 - (0,04) - 0,02 - 0,01, etc.

   Agrandissement : 2 - (2,5) - 5 - 10 - 20 - 50 - 100, etc.

   Eviter autant que possible les échelles entre parenthèses et celles trop voisines de l'unité.

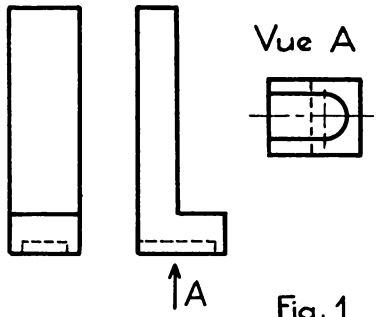



Fig. 1

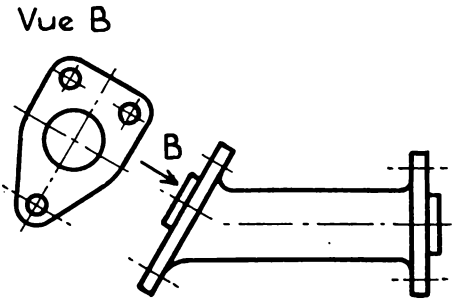



Fig. 2

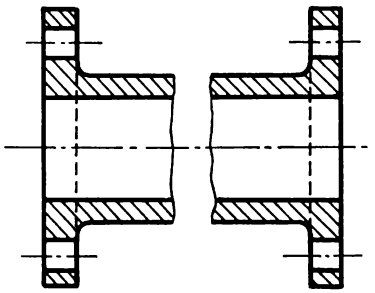


Fig.3

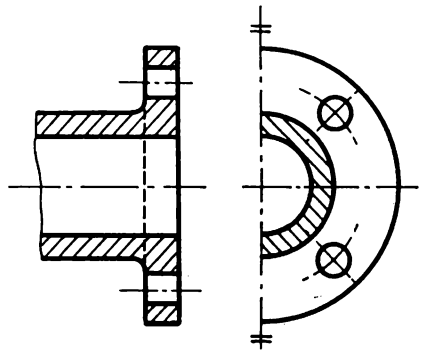


Fig.4

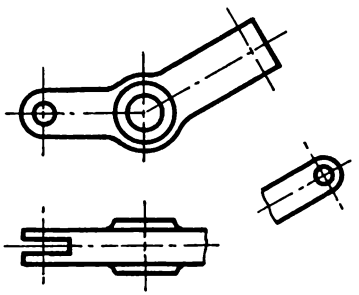


Fig.5

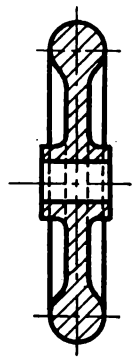


Fig.6

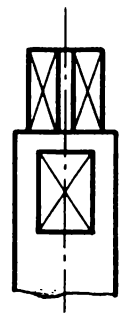
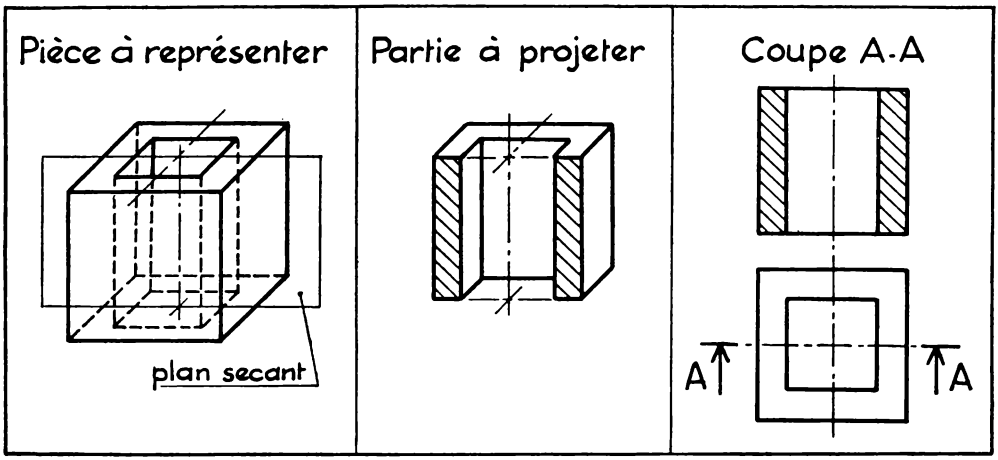


Fig.7

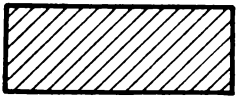
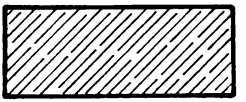
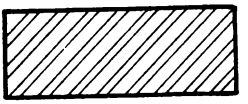
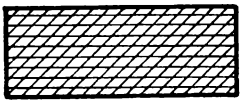
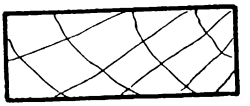
# 5. Coupes et sections (PN. E. 04.102)

1. **BUT.** Montrer les formes intérieures des pièces creuses, en distinguant nettement les évidements des parties pleines ; dans certains cas, enlever une partie de la pièce pour montrer des détails situés en arrière du plan de coupe ou pour rendre les vues plus claires ou plus simples.
2. **MARCHE A SUIVRE.**
   1. Choisir un plan de coupe parallèle au plan de projection et traversant la pièce dans la région creuse.
   2. Supposer la pièce coupée suivant ce plan, et supposer enlevée la partie de la pièce située en avant du plan de coupe par rapport à l'observateur.
   3. Projeter la partie de la pièce qui subsiste en arrière du plan sécant, par rapport à l'observateur.
   4. Couvrir de hachures les surfaces coupées.
   5. Situer le plan de coupe :
      — par sa trace en trait mixte fin renforcé aux extrémités ;
      — par une même lettre majuscule inscrite aux deux extrémités de la trace du plan sécant.
   6. Indiquer le sens d'observation par des flèches en trait fort pointant sur les extrémités de la trace.
   7. Désigner la coupe par les mêmes lettres majuscules que le plan de coupe correspondant. Ex. : coupe A-A.




3. **HACHURES** (PN. E. 04.104) : les faire en trait fin, régulièrement espacées.
   **Intervalle des traits :** choisi en fonction de la surface à hachurer ; pour les grandes surfaces, faire un liseré de hachures suivant le contour du dessin.
   **Inclinaison** par rapport aux axes ou lignes principales du contour : 45° de préférence (fig. 1).
   **Orientation :** pour coupes d'une même pièce faites par des plans parallèles, employer les mêmes hachures, celles-ci pouvant être décalées au changement de plan (fig. 3). Orientation différente pour pièces différentes juxtaposées.
   **Sections de faible épaisseur :** elles peuvent être noircies complètement ; ménager un léger espace blanc entre 2 sections contiguës noircies (fig. 2).

**Inscription à l'intérieur des hachures :** interrompre celles-ci.
**Signification :** n'attribuer aux hachures aucune signification quant à la nature précise de la matière, celle-ci devant toujours être précisée dans la nomenclature ou sur le dessin ; cependant les hachures conventionnelles suivantes peuvent être utilisées sur les dessins d'ensemble.

| | | |
|---|---|---|
| 1. Tous métaux et alliages, sauf matières ci-après. |  | Hachures inclinées simples |
| 2. Cuivre et alliages où domine le cuivre. |  | Hachures à traits alternativement continus et interrompus longs |
| 3. Métaux et alliages légers |  | Hachures continues d'espacements inégaux alternés. |
| 4. Antifriction et, de façon générale, toutes matières coulées sur une pièce. | | Hachures simples dans le sens de la plus grande dimension de la section. |
| 5. Matières plastiques ou isolantes, et garnitures. |  | Hachures simples et de même espacement, les unes dans le sens de la plus grande dimension de la section, les autres à 45° par rapport aux premières. |
| 6. Bois en coupe transversale |  | Hachures irrégulières, à main levée. |
| 7. Bois en coupe longitudinale. | | Idem. |

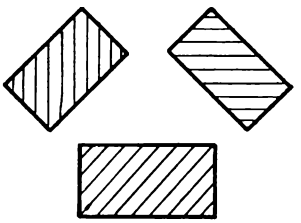


Fig. 1

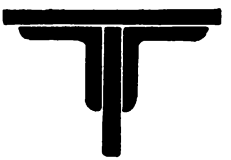


Fig. 2

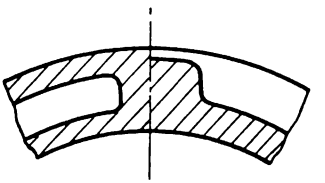


Fig. 3

## 4. CAS PARTICULIERS.

a) **Coupes brisées à plans parallèles.** Elles consistent à rassembler sur une même vue plusieurs coupes faites par des plans parallèles. Exemple : fig. 1. Aucune modification dans les hachures ne fait apparaître le changement de plan de coupe. Cependant les hachures, de même inclinaison, peuvent être décalées au changement de plan (fig. 3, p. 55). Désignation : même lettre majuscule placée aux extrémités des plans de coupe extrêmes ; exemple : fig. 1.

b) **Coupes brisées à plans sécants.** Ces vues, employées surtout sur les pièces de révolution, permettent de rassembler sur une même vue des coupes faites suivant deux plans radiaux dont l'angle est compris entre 90° et 180°. Exemple : fig. 2. Le plan de coupe oblique doit être ramené par rotation dans un plan parallèle à un plan principal de projection ; les détails placés en arrière du plan de coupe, et ne présentant pas d'intérêt pour la compréhension du dessin, ne sont pas dessinés. Aucune modification dans les hachures ne fait apparaître le changement de plan de coupe. Désignation : ex. : fig. 2.

c) **Demi-coupe.** Lorsqu'une pièce est symétrique par rapport à un plan, et qu'elle présente à la fois des détails extérieurs et des détails intérieurs, il y a souvent intérêt à ne dessiner qu'une demi-vue et une demi-coupe contiguës. Exemple : fig. 3. La demi-vue et la demi-coupe sont séparées par le trait d'axe. Désignation : 1/2 coupe A-A.

d) **Coupe locale :** Ex. : fig. 7. L'indication du plan de coupe est souvent inutile ; limiter la coupe par un trait continu fin tracé à main levée.

**Remarques.**

a) Ne jamais couper en long les pièces pleines telles que : arbres, boulons, vis, rivets, clavettes, bras de poulies, même situées dans le plan de coupe (fig. 4 et 5). Ne pas couper les nervures lorsque le plan de coupe est parallèle à leur plus grande face (fig. 6).

b) Les hachures ne doivent jamais s'arrêter sur un trait représentant une ligne cachée ; elles ne doivent jamais être traversées par un trait continu fort (sauf dans les sections rabattues).

## 5. SECTIONS.

Elles ont pour but de montrer la forme de la section droite de pièces de forme générale prismatique, lorsque les vues habituelles ne suffisent pas. Dans une section, on ne représente que la partie de la pièce située dans le plan sécant.

a) **Section rabattue** (fig. 9). Faire tourner le plan sécant de 90° autour de l'axe de la section. Employer le *trait continu fin*. Pas de désignation, mais le sens du rabattement peut être indiqué par une flèche, s'il y a risque de confusion.

b) **Section sortie.** Dans ce cas, la section est sortie en dehors de la vue, après rabattement, par un glissement le long de son axe. Employer le *trait continu fort*. Repérer les plans de section et désigner la section comme une coupe. Exemple : section A-A (fig. 8), ou, pour simplifier, section A.

Les sections de faible épaisseur peuvent être noircies complètement (fig. 2, p. 55).

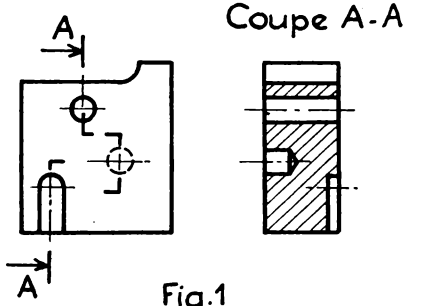



Fig.1

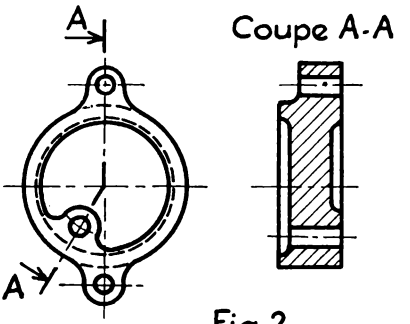



Fig.2

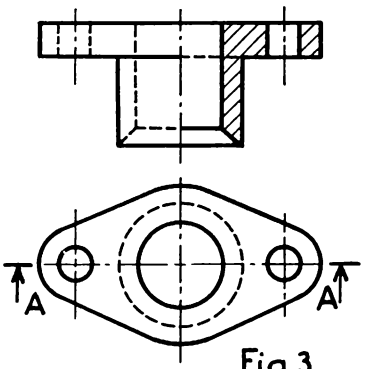



Fig.3

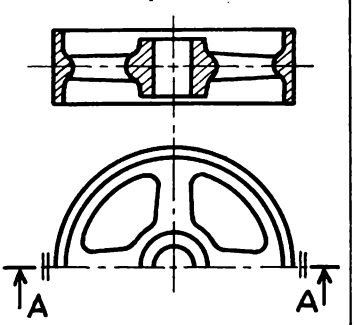



Fig.4

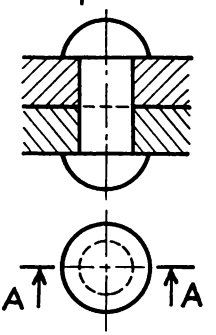
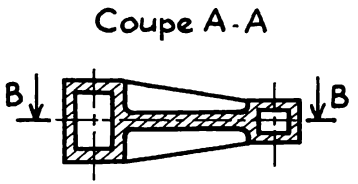



Fig.5



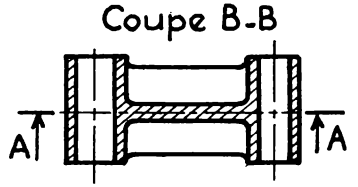




Fig.6

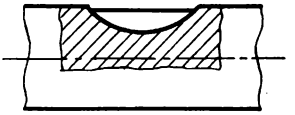


Fig.7

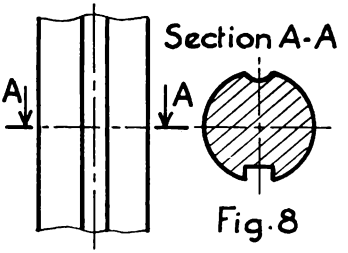



Fig.8

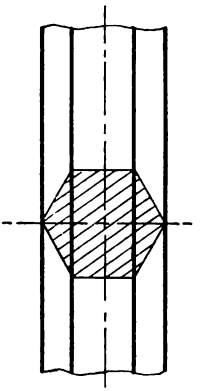


Fig.9

# 6. Particularités de représentation

1. **POSITIONS EXTRÊMES DES PIÈCES MOBILES** (PN. E. 04.103).
   **But :** montrer la ou les positions limites d'une pièce mobile dessinée dans une position intermédiaire. Ex. : levier, piston, etc.
   **Trait :** mixte fin. Ex. : fig. 1.

2. **PIÈCES VOISINES** (PN. E. 04.103).
   **But :** représenter partiellement une ou plusieurs pièces voisines de la pièce dessinée, afin de montrer sa position dans l'ensemble ou son montage.
   **Trait :** continu fin. Ex. : fig. 1.

3. **ARÊTES ET CONTOURS FICTIFS** (PN. E. 04.103).
   **But :** le dessin des pièces brutes manque de relief par suite de la suppression des arêtes vives par des arrondis et congés ; le but du tracé des arêtes fictives est de faciliter la lecture en accentuant le relief.
   **Trait :** tracer en trait continu fin les arêtes et contours qui seraient vus s'ils étaient réels, mais sans les raccorder au contour extérieur, en cas d'intersection. Ex. : fig. 4, p. 39.
   **Remarque :** La fig. 2 montre la solution d'un problème fréquent, relatif au contour apparent. Dans le troisième cas, il n'y a pas de ligne vue, on peut tracer une arête fictive en trait fin.

4. **FORMES SITUÉES EN AVANT D'UN PLAN DE COUPE** (PN. E. 04.102).
   **But :** montrer la forme d'une partie de pièce située en avant d'un plan de coupe et enlevée par cette coupe (partie située entre l'observateur et le plan de coupe).
   **Trait :** mixte fin. Ex. : fig. 3.

5. **TRAITEMENT COMPLÉMENTAIRE** (PN. E. 04.010).
   **But :** indiquer les parties d'une pièce devant recevoir un traitement complémentaire (traitement thermique ou mécanique).
   **Trait :** mixte fort, tracé parallèlement à la surface à traiter, à une faible distance de celle-ci ; pour les pièces de révolution, ne tracer ce trait que sur une seule génératrice. Ex. : fig. 4.

6. **CONTOURS INITIAUX ÉLIMINÉS PAR LE FAÇONNAGE** (PN. E. 04.103).
   **But :** représenter le contour d'une pièce avant que l'usinage ne l'ait en partie enlevé.
   **Trait :** continu fin. Ex. : fig. 5.

7. **RABATTEMENTS** (pas prévus par les normes).
   **But :** montrer la forme d'une face plane perpendiculaire au plan de projection, sans faire une vue supplémentaire.
   **Méthode :** rabattre cette face dans un plan parallèle au plan de projection par une rotation de 90° autour de son axe (comme une section rabattue) ; ne représenter que le demi-rabattement extérieur à la vue principale.
   **Trait :** mixte fin. Ex. : fig. 6.

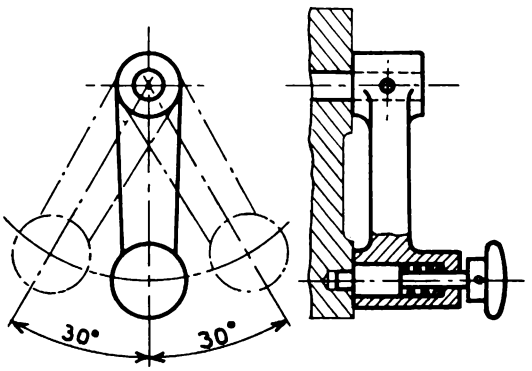



Fig.1

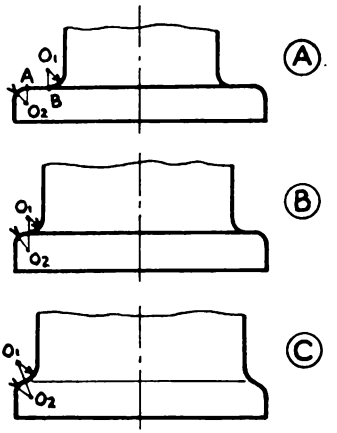



Fig.2

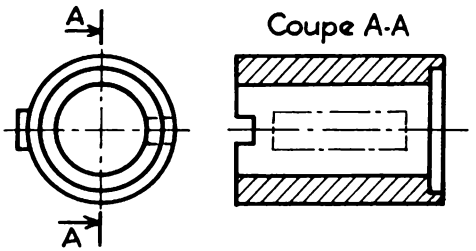



Fig.3

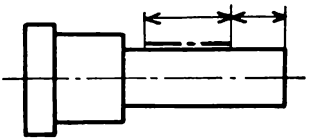


Fig.4

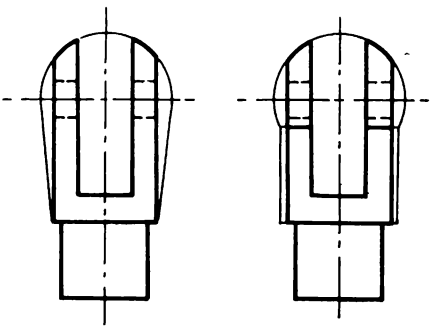


Fig.5

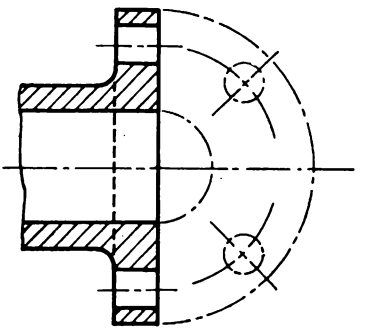


Fig.6

# 7. Indications de façonnage

(NF. E. 04.011)

**1. GENERALITES.** Le dessin d'une pièce présentant des surfaces usinées doit comporter les indications suivantes :

1. Indication des surfaces usinées et de leur degré de fini.
2. Valeur de la surépaisseur d'usinage à prévoir.
3. Degré de précision à obtenir.

La première de ces indications est fournie par les signes d'usinage ci-après. La surépaisseur d'usinage est habituellement laissée à l'initiative de l'ouvrier, mais elle peut être indiquée en complément des signes de façonnage. Le degré de précision est indiqué par les notations des ajustements normalisés (voir ce chapitre).

Les signes de façonnage ne fournissent donc aucune indication sur le degré de précision à obtenir ; cependant, il est évident qu'une cote précise ne peut être mesurée entre surfaces usinées grossièrement ; mais des surfaces polies ne correspondent pas obligatoirement à des cotes précises.

**2. INDICATIONS DE FAÇONNAGE.** Voir tableau ci-contre.

**3. UTILISATION DES SIGNES.**

1. Ne porter des signes de façonnage que sur les dessins de détail, jamais sur les ensembles.
2. Si des indications plus précises sont nécessaires, les indiquer par un renvoi sur le signe de façonnage, de préférence à gauche, et une légende (fig. 2).
3. Indiquer, s'il y a lieu, les surépaisseurs d'usinage, en mm, par un simple chiffre sur le signe d'usinage, de préférence à droite (fig. 3).
4. Porter les signes de façonnage sur les lignes représentatives des surfaces ou sur leur prolongement, autant que possible au voisinage des lignes de cotes correspondantes. Ne les porter que sur une seule des deux génératrices des solides de révolution, et que sur une seule vue (fig. 4).
5. Lorsqu'une pièce comporte le même degré de façonnage pour toutes ses surfaces, indiquer seulement : « Façonné partout $\nabla$ », par exemple, soit en nota, soit sur la nomenclature (fig. 5).
6. Lorsqu'une pièce comporte le même degré de façonnage pour toutes ses surfaces, à l'exception d'une ou deux d'entre elles, procéder comme au paragraphe précédent et porter sur les faces faisant exception le signe d'usinage correspondant (fig. 6).

**4. EXEMPLES D'EMPLOI.**

**1er Signe :** surfaces non usinées de pièces moulées ou forgées, ou grossièrement taillées dans la masse.

**2e Signe** (simple triangle) : faces de contact de semelles, brides ; bossages, lamages ; assemblages avec jeu important (cote nominale différente).

**3e Signe** (double triangle) : pièces d'assemblages fixes s'ajustant l'une dans l'autre : emboîtement cylindrique, rainure et languette, etc.

**4e Signe** (triple triangle) : pièces d'assemblages mobiles avec mouvement relatif important : arbre et coussinet, maneton de manivelle, glissières, coulisseaux, etc.

**Exemple d'emploi :** coussinet de palier (fig. 7).

**Remarque :** les surfaces donnant lieu à des ajustements de qualités 6, 7, 8 ont obligatoirement 2 ou 3 triangles.

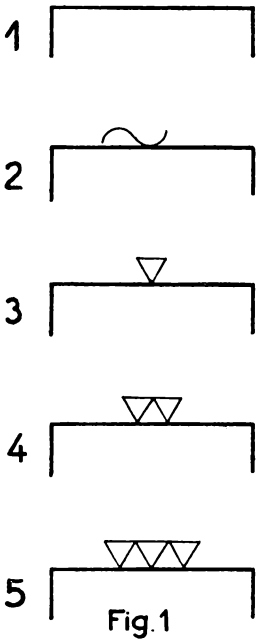



Fig.1

**Surface brute et grossière,** pouvant présenter une croûte irrégulière (l'absence de signe n'a cette signification que si le dessin comporte par ailleurs des signes d'usinage).

**Surface brute et à peu près unie,** respectant l'aspect superficiel et les dimensions prescrites (surface pouvant être laissée brute ou devant être retouchée superficiellement).

**Surface bien taillée ayant bon aspect,** et pouvant être utilisée comme surface de contact pour des assemblages fixes.

**Surface façonnée, sans exigences spéciales de qualités frottantes, mais avec exigence de correction géométrique.** (Surface pouvant nécessiter un parachèvement après taillage à l'outil).

**Surface façonnée, de bonne correction géométrique, et de bonne qualité frottante.**

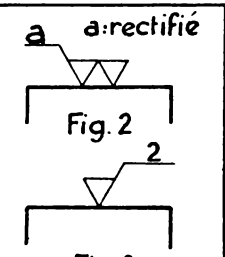



Fig.2




Fig.3

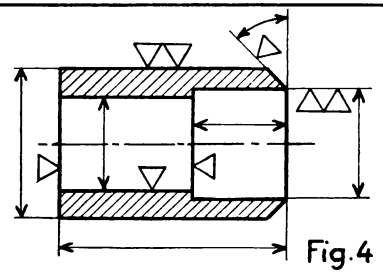


Fig.4

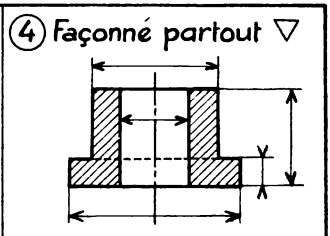



Fig.5

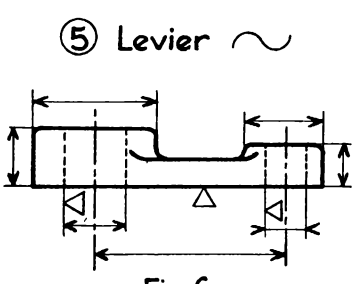



Fig.6

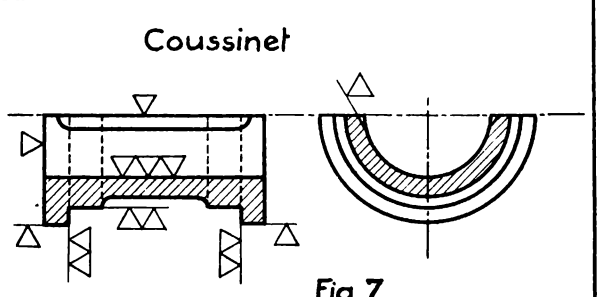



Fig.7

# 8. Cotation (PN. E. 04.009 et 04.010)

**1. BUT.** La cotation a pour but d'indiquer les dimensions de la pièce dessinée, sans que l'on soit obligé de les mesurer sur le dessin, ce qui ne serait ni commode, ni précis.

Les dimensions à inscrire sont celles de la pièce, quelle que soit l'échelle du dessin. Les longueurs et tolérances s'expriment en millimètres, les angles en degrés ; en cas de dérogation justifiée, faire toujours suivre la cote du symbole de l'unité employée.

La cotation est une opération importante et difficile ; elle ne doit comporter ni erreur ni oubli.

**2. ÉLÉMENTS DE LA COTATION.** L'inscription d'une cote comprend le tracé des lignes d'attache, de la ligne de cote, des flèches, des chiffres (fig. 1).

1. **Lignes de cote et d'attache :** les tracer en trait continu fin ; les lignes d'attache doivent être perpendiculaires au segment à coter (sauf exceptions), la ligne de cote parallèle à ce segment ; faire dépasser légèrement les lignes d'attache de la ligne de cote (fig. 1).
2. **Flèches :** séparer nettement les 2 branches ; les ouvrir suivant un angle de 30° à 45° ; placer le sommet de la flèche exactement sur la ligne d'attache (fig. 1 et 2) ; proportionner la longueur des flèches (2 à 3 mm) et la largeur du trait des 2 branches à la largeur du trait du dessin. En cas de ligne de cote très courte, rejeter les flèches à l'extérieur, ou remplacer les 2 flèches opposées par un point (fig. 3).
3. **Chiffres de cote :** les placer au-dessus et légèrement détachés de la ligne de cote, vers le milieu de sa longueur ; utiliser les modèles normalisés (voir p. 47) ; hauteur : 3 à 4 mm. Disposer les chiffres de manière qu'ils ne soient ni coupés, ni séparés par une ligne quelconque (axe, hachure, etc.) ; sur les lignes de cotes verticales, écrire les chiffres à gauche et en montant de façon à être lus de la droite du dessin.

**3. GROUPEMENT DES COTES.**

1. **Cotation en série :** cotation de dimensions se suivant sans se chevaucher (fig. 3).
2. **Cotation en parallèle :** cotation, sur des lignes parallèles, de dimensions ayant même direction, à partir d'une origine commune (fig. 4).
3. **Cotation à cotes superposées :** elle remplace la cotation en parallèle lorsque aucun risque de confusion n'est à craindre ; les cotes sont inscrites en prolongement de la ligne d'attache ; l'origine commune est cotée zéro (fig. 5).
4. **Cotation en coordonnées :** cotation à partir d'une origine commune, dans deux directions perpendiculaires ; les cotes sont groupées dans un tableau en dehors du dessin, mais à proximité de celui-ci (fig. 6).
5. **Dimensions égales :** on peut remplacer les cotes partielles par le signe = (fig. 7).
6. **Eléments équidistants :** utiliser la disposition de la fig. 8 ; compléter éventuellement par la cotation séparée de l'un des intervalles, s'il y a risque de confusion entre le nombre d'intervalles et leur longueur (fig. 9) ; inscrire entre parenthèses la cote surabondante.

**Remarque :** il ne s'agit là que de la disposition matérielle des cotes ; le choix des dimensions à coter montre si l'un de ces groupements peut être utilisé.

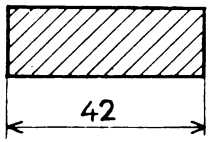



Fig. 1

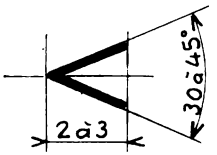



Fig. 2

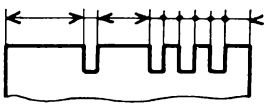


Fig. 3

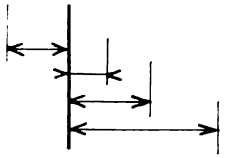


Fig. 4

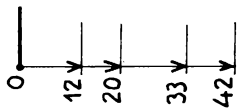
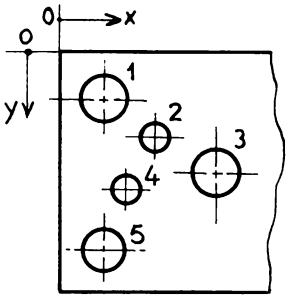



Fig. 5




| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| x | 9 | 19 | 31 | 14 | 9 |
| y | 9 | 17 | 24 | 27 | 39 |
| $\phi$ | 10 | 6 | 10 | 6 | 9 |

Fig. 6

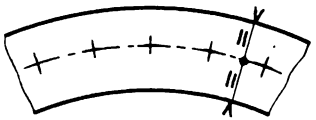


Fig. 7

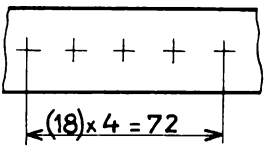



Fig. 8

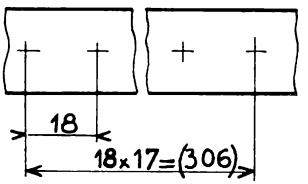



Fig. 9

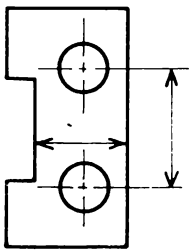


Fig. 10

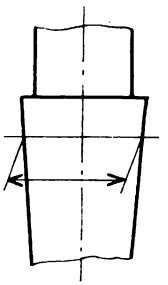


Fig. 11

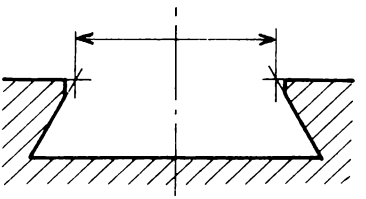


Fig. 12

## 4. DISPOSITION MATÉRIELLE DES COTES.

1. **Lignes d'attache, lignes de cotes et flèches :** ne jamais utiliser une ligne de contour, ni une ligne d'axe, comme ligne de cote ; leur emploi comme ligne d'attache est par contre admis (fig. 10).

   En cas de nécessité, tracer les lignes d'attache obliquement par rapport au segment, mais de préférence parallèles entre elles (fig. 11).

   Cotation entre points d'épure : prolonger légèrement au-delà de leur point d'intersection, les lignes d'épure concourantes et la ligne d'attache passant par leur intersection (fig. 12).

   Cotation d'une corde, d'un arc, d'un angle : voir fig. 13.

   Cotation de demi-vues ou vues partielles : prolonger la ligne de cote légèrement au-delà de l'axe de symétrie, la deuxième flèche étant supprimée (fig. 14).

   Cotes de rayon : ne pas mettre de flèche au centre de l'arc de cercle ; si le centre se trouve en dehors des limites de la vue, briser ou interrompre la ligne de cote de rayon, suivant qu'il est nécessaire ou non de situer le centre (fig. 15).

2. **Chiffres de cotes :** exceptionnellement, les chiffres de cotes peuvent être placés :
   — sur le côté, pour éviter de superposer des chiffres ou de tracer de longues lignes de cotes, que l'on peut ne tracer que partiellement (fig. 16) ;
   — sur le prolongement de la ligne de cote, de préférence à droite (fig. 17) ;
   — au milieu de la ligne de cote interrompue (fig. 18).

   **Orientation des chiffres :** ils doivent être inscrits de façon à être lus depuis le bas ou depuis la droite du dessin, conformément à la fig. 19 ; éviter les lignes de cote d'inclinaison comprise dans l'angle hachuré.

   **Cotes d'angles :** suivre les indications de la fig. 20 ; les cotes peuvent aussi être inscrites horizontalement (fig. 21).

3. **Adjonction de lettres ou symboles.** Faire précéder une cote :
   — de diamètre, du symbole ∅ (fig. 16) ;
   — de rayon, de la lettre R (fig. 15) ;
   — de surplat d'un carré, du symbole □ (fig. 22),
   sauf si le dessin montre sans ambiguïté qu'il s'agit d'une cote de diamètre, de rayon, ou de côté d'un carré.

   Cotation d'une surface sphérique : faire précéder la cote de rayon ou de diamètre du mot « sphère » écrit en entier (fig. 23).

   Cotation de la section d'une barre ou d'un profilé : faire précéder l'ensemble des dimensions de la section par l'un des symboles de la fig. 24 ; exemple : fig. 25.

   Cotations d'éléments identiques répétés : on peut utiliser des lettres repères renvoyant à une légende (fig. 27).

4. **Dispositions particulières.** Lignes de repère de nomenclature et toutes indications manuscrites : terminer la ligne de repère par une flèche si elle se termine sur le contour d'une pièce, par un point si elle se termine à l'intérieur du contour (fig. 26).

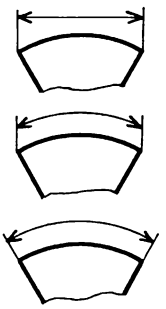


Fig.13

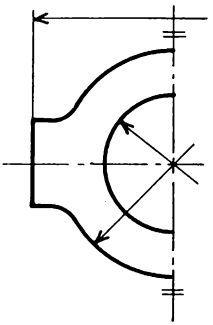


Fig.14

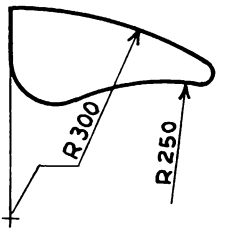



Fig.15

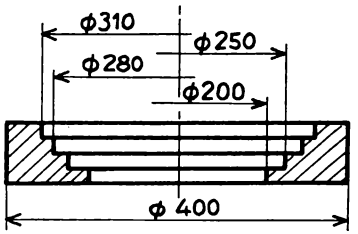



Fig.16

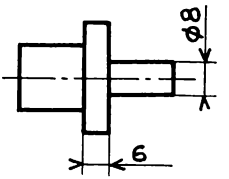



Fig.17

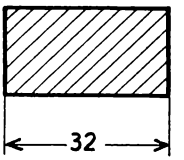



Fig.18

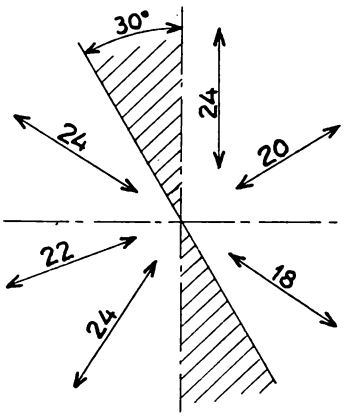



Fig.19

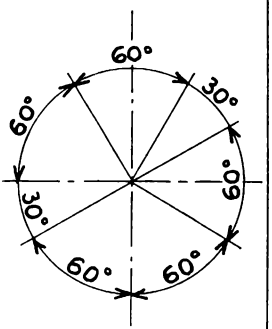



Fig.20

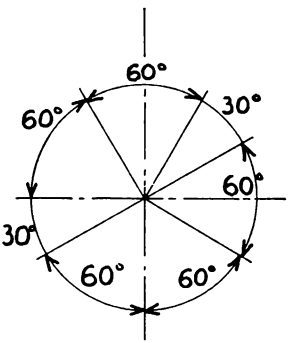



Fig.21

Indication de traitement complémentaire : au moyen d'un trait mixte fort tracé parallèlement à la surface traitée, coté en grandeur et en position (fig. 28), sauf si le dessin montre clairement ses limites (fig. 29).

5. **Recommandations.** Eviter autant que possible que des lignes de cote se coupent entre elles, ou coupent une ligne d'attache ou une ligne du dessin.

Ne pas mettre de ligne de cote sur un axe, ni en prolongement d'une ligne du dessin ; ne pas mettre de flèche au sommet de l'angle de 2 traits.

Si une dimension n'est pas à l'échelle, souligner la cote correspondante.

## 5. DIMENSIONS FONCTIONNELLES.

1. **Généralités.**

La forme et les dimensions d'une pièce dépendent de nombreux facteurs, et notamment des efforts qu'elle doit supporter, des possibilités de fabrication dans les différents ateliers, des conditions de montage, de fonctionnement, etc. ; à chacune de ces conditions correspondent des cotes dites de résistance, de fabrication, de fonctionnement.

Jusqu'à ces dernières années, on accordait une importance primordiale aux cotes de fabrication ; le dessin dit « d'exécution » devait être coté « en vue de la réalisation de la pièce à l'atelier ». Or cette façon de procéder comportait de nombreux inconvénients : cotation dépendant du procédé de fabrication, ne pouvant se faire qu'en fonction des possibilités de l'atelier, pas toujours connues ; cotation comportant de nombreuses solutions différentes entre lesquelles le choix était difficile, sinon impossible ; exigeant l'étude de la fabrication complète et détaillée de la pièce, etc. ; ces difficultés devenaient insurmontables lorsqu'il s'agissait de coter des pièces de machines dont l'exécution était confiée à des succursales ou à des sous-traitants dont on ignorait les possibilités de fabrication.

Il est apparu, d'autre part, que la qualité essentielle d'une pièce était, non pas d'être réalisable à l'atelier, mais d'être utilisable, et que les cotes dont dépendait l'aptitude à l'emploi de la pièce étaient bien plus importantes que les cotes destinées à la fabrication. Par ailleurs, par suite de la diversité et de la complexité de plus en plus grande des procédés de fabrication, on s'est avisé que le choix du procédé de fabrication et la cotation correspondante pouvaient être laissés à l'initiative de l'atelier et des services de préparation du travail, plus compétents que le bureau d'études, mais que les cotes dont dépendaient l'utilisation et le bon fonctionnement de la pièce devaient être choisies et imposées par le bureau d'études, ces cotes devant être respectées par les services de fabrication. On est ainsi parvenu à la notion de « dessin de définition de produit fini » et de « dimensions fonctionnelles ».

2. **Définitions** (PN. E. 04.009).

a) **Dessin de définition de produit fini :** « C'est un dessin destiné à faire foi dans les relations entre services de conception et services de réalisation, et définissant complètement et sans ambiguïté les exigences auxquelles doit satisfaire le produit, dans l'état de finition prescrit ».

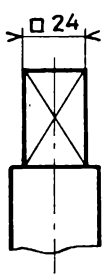



Fig.22

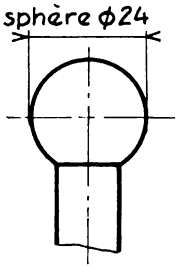



Fig.23

| | | | |
|---|---|---|---|
| ϕ | rond | I | I |
| □ | carré | T | T |
| ▭ | plat | ⌐ | Z |
| L | cornière | ⌐⌐ | oméga |
| C | U | | |

Fig.24

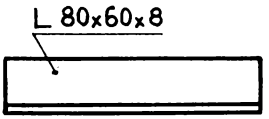



Fig.25

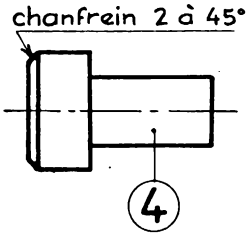
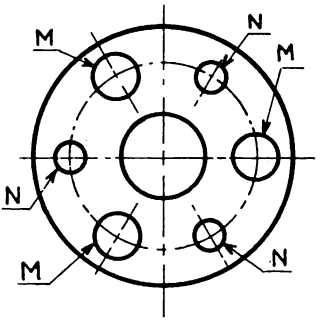



Fig.26




M : ϕ 20
N : ϕ 14

Fig.27

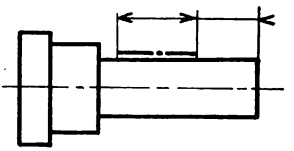


Fig.28

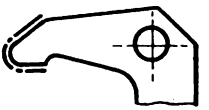


Fig.29

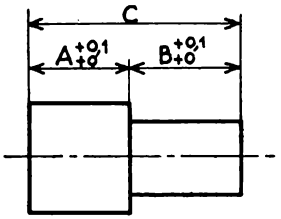
b) **Dimensions fonctionnelles :** « Ce sont celles qui expriment **directement** les conditions requises pour l'aptitude à l'emploi du produit, et notamment les conditions d'interchangeabilité de celui-ci par rapport aux autres éléments de l'ensemble dont il fait partie ».
(Bien entendu, les conditions d'interchangeabilité ne sont pas les seules à remplir par la pièce pour que celle-ci soit apte à l'emploi ; les conditions de résistance, de rigidité, notamment, sont également définies par des dimensions fonctionnelles ; il en est de même, en ce qui concerne le matériel électrique, pour les conditions d'isolement et de conductibilité, déterminées par des épaisseurs d'isolants et des sections de conducteurs, définies par des dimensions fonctionnelles. Cependant, par suite de l'importance des conditions d'interchangeabilité dans la fabrication en série, ce sont les propriétés des cotes tolérancées dont découlent les règles relatives à la cotation fonctionnelle).

## 6. PROPRIÉTÉS DES COTES TOLÉRANCÉES.

Parmi les dimensions fonctionnelles, celles qui expriment les conditions d'interchangeabilité de la pièce doivent être affectées d'une tolérance imposée par les conditions d'emploi : assemblage avec jeu ou avec serrage, grandeur et positions des tolérances pour réaliser le jeu ou le serrage voulu ; les règles relatives au choix des dimensions à coter découlent du calcul de la tolérance sur une somme ou une différence de longueurs. (Pour les définitions relatives aux jeux, écarts, tolérances, etc., voir p. 92. Notation : Es = écart supérieur ; Ei = écart inférieur ; IT = tolérance).

1. **Tolérance sur une somme de longueurs.** Ex. : fig. 1 ; on donne les écarts sur A et B ; on demande la tolérance sur la somme C = A + B.
   Or C est maxi pour A et B maximum ; il est mini pour A et B minimum. D'où les égalités :
   Es de C = Es de A + Es de B = 0,1 + 0,1 = 0,2.
   Ei de C = Ei de A + Ei de B = 0 + 0 = 0.
   En retranchant membre à membre ces deux égalités, on obtient :
   Es de C — Ei de C = (Es — Ei) de A + (Es — Ei) de B,
   d'où IT de C = IT de A + IT de B = 0,1 + 0,1 = 0,2.
   **Conclusion :** la tolérance sur une **somme** de longueurs est égale à la **somme** des tolérances sur ces longueurs.
2. **Tolérance sur une différence de longueurs.** Ex. : fig. 2 ; on donne les écarts sur A et C ; on demande la tolérance sur la différence B = C — A.
   Or B est maxi pour C maxi et A mini ; il est mini pour C mini et A maxi ; d'où les égalités suivantes :
   Es de B = Es de C — Ei de A = 0,2 — 0 = 0,2.
   Ei de B = Ei de C — Es de A = 0 — 0,1 = — 0,1.
   En retranchant membre à membre, on obtient :
   Es de B — Ei de B = (Es — Ei) de C + (Es — Ei) de A,
   d'où IT de B = IT de C + IT de A = 0,2 — (— 0,1) = + 0,3.
   **Conclusion :** la tolérance sur une **différence** de longueurs est égale à la **somme** des tolérances sur ces longueurs.
3. **Incompatibilité entre les tolérances de A, B, C** (fig. 3).
   Un premier calcul nous a donné IT de C = IT de A + IT de B ; de cette égalité, on tire : IT de B = IT de C — IT de A.
   Or le deuxième calcul nous a donné : IT de B = IT de C + IT de A.
   Il y a donc incompatibilité entre les tolérances de A, B et C ; il est, en effet, impossible d'avoir simultanément :
   IT de A = IT de B + IT de C (1)
   IT de B = IT de A + IT de C (2)
   IT de C = IT de A + IT de B (3)
   La somme, membre à membre, donnerait en effet S = 2S.
   **Conséquence :** On ne doit donc pas affecter de tolérances 3 dimensions liées entre elles par addition ou soustraction. Ex : fig. 3 ; la relation (3) est respectée, mais pas les relations (1) et (2). La pleine utilisation des tolérances admissibles sur deux de ces dimensions, A et C par ex., risque d'entraîner un dépassement des limites prescrites pour la troisième, B pouvant varier de B — 0,1 à B + 0,2.

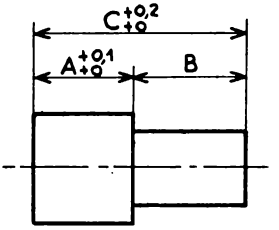
Tolérance sur une somme




e.s. de C = 0,1 + 0,1 = 0,2
e.i. de C = 0 + 0 = 0
IT de C = 0,2 − 0 = 0,2
= IT de A + IT de B

Fig.1

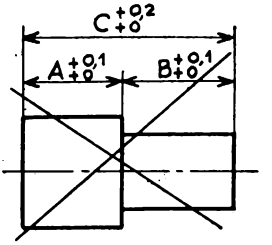
Tolérance sur une différence




e.s. de B = 0,2 − 0 = 0,2
e.i. de B = 0 − 0,1 = −0,1
IT de B = 0,2 − (−0,1) = 0,3
= IT de A + IT de C

Fig.2

Incompatibilité des tolérances de A.B.C.




e.s. de B = 0,2 − 0 = 0,2
e.i. de B = 0 − 0,1 = −0,1
d'où $B = B^{+0,2}_{-0,1} \neq B^{+0,1}_{+0}$

Fig.3

Conditions fonctionnelles prévues

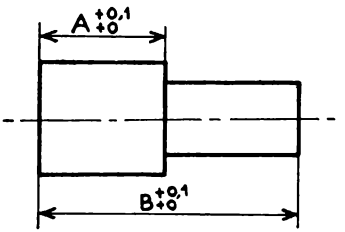



Fig.4

Conséquences d'une cotation non fonctionnelle

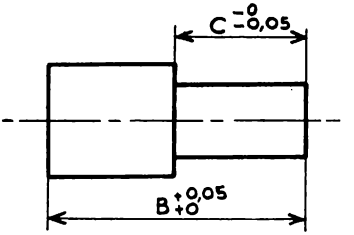



Fig.5

4. **Remplacement d'une cote tolérancée par une autre cote.**
Exemple : soit une pièce dont les dimensions fonctionnelles prévues sont A et B (fig. 4) ; supposons qu'on veuille coter les dimensions B et C (fig. 5). Pour que la tolérance de la cote A, qui disparaît, soit respectée, on doit la partager entre B et C, car elle est la somme des tolérances de B et C ; ce partage étant arbitraire, on pourra adopter par exemple $B^{+0,05}_{+0}$ et $C^{-0}_{-0,05}$, ce qui donnera bien pour A des écarts de + 0,1 et 0.
**Conséquences :** les tolérances de B et C doivent ainsi être réduites, ce qui entraîne une plus grande difficulté de réalisation, d'où une augmentation du prix de revient. Par ailleurs, ce remplacement d'une cote tolérancée par une autre peut faire refuser comme mauvaises des pièces qui remplissent cependant les conditions initiales imposées ; par exemple, une pièce exécutée à B + 0,1 et C + 0,1 serait rebutée, bien que A et B restent ainsi dans les limites fonctionnelles de la fig. 4. Il faut donc

éviter de remplacer une cote tolérancée par une autre, déduite de la première par addition ou soustraction.

Ces propriétés des cotes tolérancées expliquent les principes suivants de cotation.

**7. PRINCIPES DE COTATION** pour dessins de définition de produit fini. (Reproduction de PN. E. 04.009).

1. Coter toutes les dimensions nécessaires pour définir complètement le produit, en ne faisant usage que des seules dimensions fonctionnelles, à l'exclusion de dimensions non fonctionnelles dont les premières devraient se déduire par addition ou soustraction. (On vient de voir ci-dessus les conséquences d'une telle opération).
2. Ne pas coter plus de dimensions qu'il n'est nécessaire pour définir le produit. Cette règle conduit, sauf dérogation ci-après, à ne jamais coter, en sus d'autres dimensions déjà cotées, une dimension qui serait la somme ou la différence des premières. (On vient de voir également les conséquences de cette opération).
3. N'inscrire chaque cote qu'une seule fois, et sur celle des vues qui représente le plus clairement l'élément coté.

**Exceptions.**

1. Toute cote surabondante, que l'on jugerait utile de faire figurer cependant sur le dessin à simple titre d'indication auxiliaire, devra être inscrite entre parenthèses pour mettre en évidence qu'elle ne fait pas foi pour la réception.
2. Si les conditions d'aptitude à l'emploi imposent de coter une dimension résultante, somme ou différence de plusieurs autres, pour exprimer volontairement une condition restrictive supplémentaire (respect, par exemple, de tolérances plus serrées sur la dimension résultante que celles qui pourraient être obtenues par le libre jeu des tolérances prescrites sur les dimensions composantes), signaler de façon très apparente, en nota, cette exigence particulière.

**8. COTATION FONCTIONNELLE.**

1. **Recherche des éléments fonctionnels de la pièce :** ce sont les formes et surfaces dont dépend le bon fonctionnement de l'ensemble dont elle fait partie ; pour les déterminer, il est donc nécessaire de connaître la destination de la pièce, sa place dans l'ensemble, le fonctionnement de celui-ci, le rôle de la pièce étudiée dans ce fonctionnement, les conditions à remplir pour qu'elle remplisse ce rôle correctement ; on est donc amené à faire une **étude fonctionnelle complète de la pièce,** et à examiner, en particulier, les conditions de résistance, de montage, de fonctionnement, puis à en déduire les éléments fonctionnels correspondants : surfaces de contact avec les pièces voisines, moyens de liaison par rapport à elles (centrage, orientation, blocage, etc.) ; examiner les mouvements possibles de la pièce par rapport aux pièces voisines (ou réciproquement), les conditions à remplir pour que ces mouvements puissent avoir lieu : guidage, butées, graissage, etc. Exemple : axe d'articulation (fig. 1, extraite des normes) : l'axe 3 doit être immobilisé par rapport au support 2 ; la biellette 1 doit pouvoir osciller ou tourner autour de l'axe 3. On en déduit facilement les éléments fonctionnels.

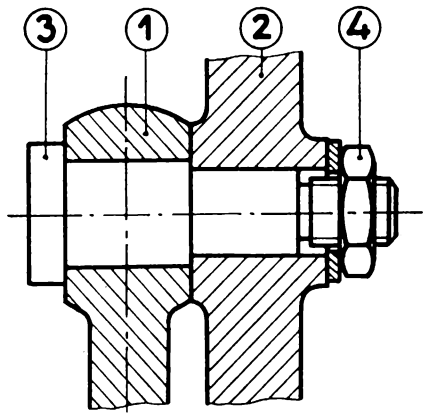



Fig.1

Cotation fonctionnelle de l'axe (3)

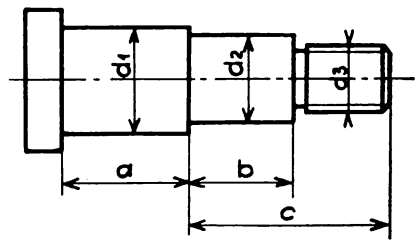



Fig.2

2. **Recherche et inscription des dimensions fonctionnelles :** ce sont celles qui déterminent les éléments fonctionnels dont dépendent les conditions de résistance, de rigidité, de montage, de fonctionnement. Ex. : axe d'articulation (fig. 1 et 2) :
   — les cotes a et $d_1$ conditionnent la possibilité de rotation de la biellette autour de l'axe, sans blocage latéral ;
   — les cotes b et $d_2$ conditionnent la possibilité de montage de l'axe dans le support, et de serrage de ce support entre l'épaulement de l'axe et la rondelle.
   — les cotes c et $d_3$ conditionnent la possibilité de montage de l'écrou et de la rondelle, et de serrage du support 2.

   Inscrire directement les cotes fonctionnelles ainsi trouvées (fig. 2), sans remplacement par des cotes non fonctionnelles, et sans addition de cotes qui seraient la somme ou la différence des premières.

   Si la pièce à coter présente des éléments fonctionnels correspondant à des fonctions différentes, ces divers éléments doivent être situés les uns par rapport aux autres ; choisir comme surface de référence une surface fonctionnelle (ou l'axe de cette surface si elle est cylindrique ou conique), de préférence celle qui remplit la fonction la plus importante.

3. **Indications fonctionnelles complémentaires.**
   a) **Tolérances.** Les éléments fonctionnels complémentaires de 2 pièces assemblées (arbre et alésage, par ex.) définis par la même cote nominale, doivent en réalité être différents l'un de l'autre afin d'obtenir l'assemblage désiré, avec jeu ou avec serrage ; il y a donc lieu de choisir, pour ces assemblages, les jeux ou serrages extrêmes compatibles avec le bon fonctionnement de l'ensemble, en tenant compte du mouvement relatif des 2 pièces, de la longueur des surfaces en contact, etc. Par ailleurs, comme il est impossible de réaliser des cotes rigoureuses, on est obligé de laisser une certaine tolérance à l'ouvrier ; on est donc amené à choisir, pour les deux éléments d'un assemblage, les écarts supérieur et inférieur définis-

sant les conditions d'interchangeabilité de chacune des 2 pièces. Choisir de préférence un ajustement normalisé (voir p. 90) ; par ex., pour l'assemblage de la biellette sur l'axe d'articulation (fig. 1), on pourra choisir un ajustement H7-f7, ce qui donnera, pour un diamètre de 30, une cote de $30\ ^{+0,021}_{+0}$ pour l'alésage, et $30\ ^{-0,020}_{-0,041}$ pour l'arbre, soit un jeu maximum de 62 μ, minimum de 20 μ, et une tolérance de 21 μ pour chacune des 2 pièces ; dans ce cas, la cote de diamètre est simplement suivie du symbole d'ajustement : 30 f7 par ex. pour l'axe ; on pourra ajouter les écarts correspondants si on le juge utile ; ex. : $30\ f7\ ^{-0,020}_{-0,041}$ D'autre part, si l'ajustement choisi n'est pas normalisé, il faudra obligatoirement coter les écarts, par ex. : $30\ ^{+0,020}_{+0}$ pour l'alésage et $30\ ^{-0,020}_{-0,030}$ pour l'arbre. Bien entendu, on devra toujours choisir les tolérances les plus larges compatibles avec les conditions requises pour l'aptitude à l'emploi.

b) **Etats de surface.** Les conditions de bon fonctionnement entraînent aussi des exigences sur l'état de surface des éléments fonctionnels en contact ou en mouvement relatif ; d'où le choix et l'inscription des signes de façonnage correspondants (voir p. 60).

c) **Tolérances de forme et de position.** Enfin, pour assurer un montage ou un fonctionnement correct, il est souvent nécessaire de préciser les tolérances sur la forme (planéité, cylindricité, conicité, etc.) et sur la position (parallélisme, perpendicularité, etc.) des surfaces fonctionnelles ; aucune normalisation française n'existe à ce sujet pour le moment ; à défaut de symboles normalisés, indiquer en toutes lettres les tolérances exigées, celles-ci étant exprimées en millimètres ; ex. : tolérance de rectitude de l'axe xy : 0,01.

## 9. COTES NON FONCTIONNELLES.

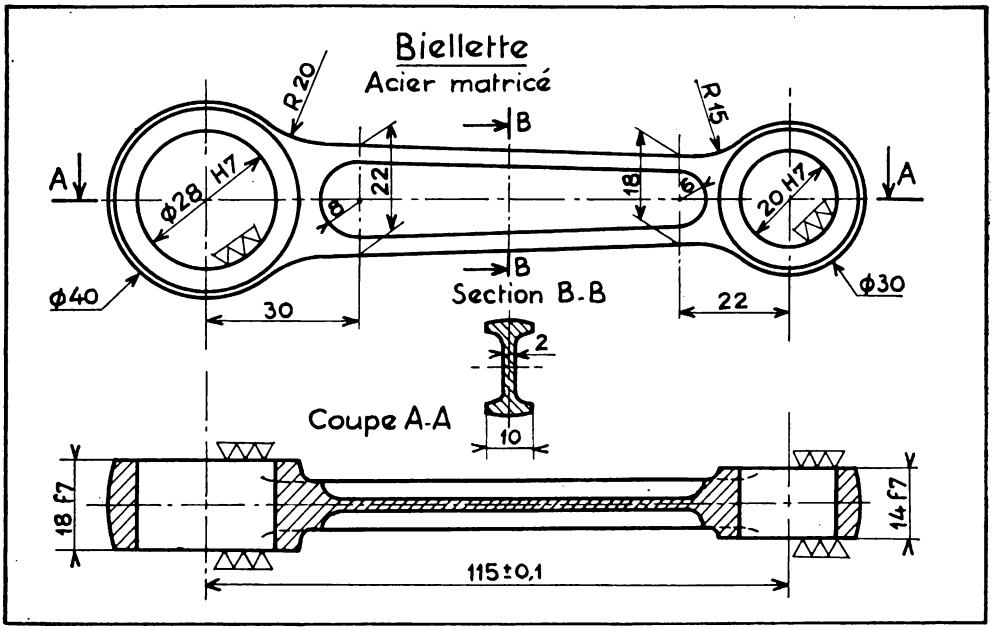
Les formes non fonctionnelles doivent être définies entièrement comme les éléments fonctionnels ; mais la bonne utilisation de la pièce n'étant pas conditionnée par le respect de leurs dimensions, leur cotation n'obéit pas aux mêmes règles strictes que celle des éléments fonctionnels. Les normes ne donnant aucun renseignement à leur sujet, on pourra s'inspirer des considérations suivantes :

a) **Détermination géométrique des formes.** Toute pièce peut être décomposée en solides géométriques simples : prismes, cylindres, cônes, etc. ; pour que cette pièce soit définie entièrement, il faut d'abord que chaque volume simple soit bien déterminé, et que sa position soit définie dans l'ensemble ; d'où deux sortes de cotes :

Cotes de forme : cotes nécessaires pour définir géométriquement chaque solide.

Cotes de position : cotes nécessaires pour situer chaque solide par rapport à l'ensemble ; utiliser comme plans ou lignes de référence les surfaces fonctionnelles ou leurs axes, ou les plans de référence qui ont éventuellement servi à situer les éléments fonctionnels les uns par rapport aux autres.

b) **Cotes de fabrication.** Il ne s'agit pas de la cotation des dessins de fabrication, qui est faite par les services de préparation du travail, à




partir des dessins de définition de produit fini ; nous ne nous occuperons ici que de la cotation de ces derniers, travail effectué par le bureau d'études. Cependant, les dessinateurs d'étude ne peuvent ignorer les problèmes de fabrication ; de même que le choix des formes, la cotation des formes brutes doit tenir compte du procédé de fabrication de l'ébauche ; il en est de même des formes obtenues par usinage ; de plus, les plans de référence de traçage ou d'usinage doivent être, autant que possible, confondus avec les plans de référence fonctionnels qui ont servi pour la cotation, afin de faciliter le travail des bureaux de fabrication et d'éviter le retour des dessins au bureau d'études pour modification de formes ou de cotes. Chaque fois que la considération de bon fonctionnement n'impose pas une cotation particulière, il y a donc lieu de tenir compte, non seulement de la détermination géométrique des formes, mais aussi de la réalisation de la pièce aux différents ateliers, aussi bien pour les formes brutes que pour les formes usinées.

## 10. APPLICATIONS.

1. **Cotation d'une biellette** (voir fig. ci-dessus) : l'étude fonctionnelle de cette pièce, destinée à transformer un mouvement rectiligne alternatif en un mouvement circulaire continu (voir technologie de construction), montre que les surfaces fonctionnelles sont les alésages et les faces latérales des 2 têtes ; toutes les autres surfaces sont brutes de matriçage. Les cotes fonctionnelles sont donc : les diamètres d'alésage et l'épaisseur de 2 têtes, choisis dans les ajustements normalisés ; la distance d'axes des 2 têtes, qui est tolérancée ; les dimensions de la section en **I** du corps, déterminées par la résistance des matériaux, sont également des **cotes fonctionnelles.** Les autres cotes déterminent géométriquement les

formes et sont choisies en vue d'un tracé simple ; les détails de forme tels que pentes, congés, etc., sont laissés à l'initiative du service de fabrication.

2. **Cotation des surfaces obliques.**
   a) **Pente** d'une droite AC par rapport à une droite DB (fig. 1) : c'est la valeur du rapport (AB-CD)/BD = (b-b')/h = tangente $\alpha$.
   On l'évalue en fraction décimale ; ex. : pente 0,1 ou 10 % (fig. 2, 3, 4).
   En cas d'ambiguïté, le sens de la pente est indiqué par le signe de la fig. 3.
   b) **Cotation.**
   **Pièce brute ou non ajustée :** il suffit de déterminer géométriquement les formes, d'une façon simple, et si possible utilisable directement ; ex. : cotation d'une manivelle, fig. 5.
   **Pièces usinées et assemblées,** les surfaces obliques s'appuyant l'une contre l'autre ; ex. : clavette et son logement, fig. 2 ; ces surfaces étant des éléments fonctionnels complémentaires, leur pente devra être égale; chacune des pièces devra être cotée de façon à ce qu'il n'y ait pas de cotes surabondantes (une base, la longueur et la pente, par ex.), et que la pente soit la même ; de plus, si une cote de position, x par exemple, est un élément fonctionnel (fig. 2), la section commune définie par la cote x devra être cotée sur le dessin des 2 pièces, ex. : fig. 3 et 4.
   c) **Calcul de cotes :** l'une des quantités b, b', h et pente étant inconnue, écrire : (b-b')/h = pente, et tirer la valeur de l'inconnue.
3. **Cotation des pièces coniques.**
   a) **Conicité d'un cône** ou d'un tronc de cône : c'est la valeur du rapport a/h (fig. 6) ou (D-d)/h (fig. 7), D et d étant les diamètres de 2 bases quelconques, h leur distance.
   On l'évalue en fraction décimale : ex. : conicité 0,1 ou 10 % (fig. 9 à 11).
   Conicités normalisées : 0,01 - 0,02 - 0,05 - 0,10 - 0,15 - 0,20.
   Valeur de l'angle au sommet : on a tg $\alpha/2$ = 1/2 conicité.
   b) **Cotation.**
   **Cône brut ou non ajusté :** déterminer géométriquement les formes, d'une façon simple et, si possible, utilisable directement, par exemple par les deux bases et la hauteur.
   **Pièces usinées et assemblées,** les surfaces coniques s'ajustant l'une dans l'autre ; ex. : tampon et douille conique (fig. 9) ; ces surfaces étant des éléments fonctionnels complémentaires, leur conicité devra être égale ; chacune des pièces sera cotée de façon à ce qu'il n'y ait pas de cotes surabondantes (par ex. : une base, la hauteur et la conicité) et que la conicité soit la même ; de plus si une cote de position, x par exemple, est un élément fonctionnel (fig. 9), la section commune définie par la cote x devra être cotée sur le dessin des 2 pièces ; ex. : fig. 10 et 11.
   **Fraisures :** coter l'angle au sommet ; **chanfreins :** voir fig. 8.
   c) **Calcul de cotes :** l'une des quantités D, d, h et conicité étant inconnue, écrire : (D-d)/h = conicité, et tirer la valeur de l'inconnue.

Pente $AC = \frac{b-b'}{h} = tg.\alpha$

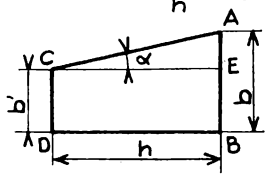



Fig.1

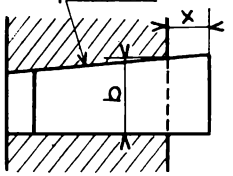



Fig.2

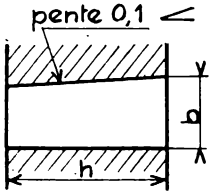



Fig.3

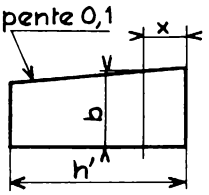



Fig.4

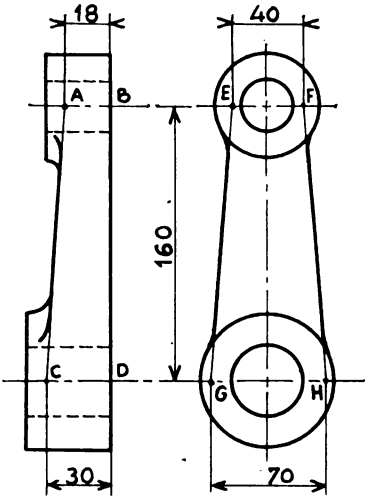
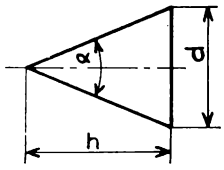
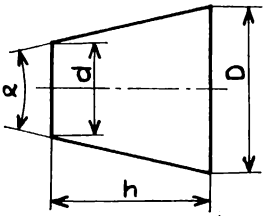



Fig.5




$conicité = \frac{d}{h} = 2\ tg\frac{\alpha}{2}$

Fig.6




$conicité = \frac{D-d}{h}$

Fig.7

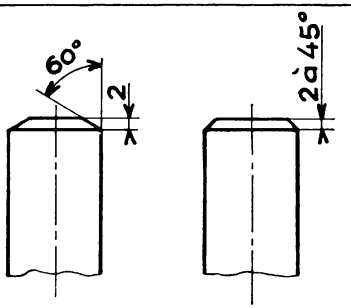



Fig.8

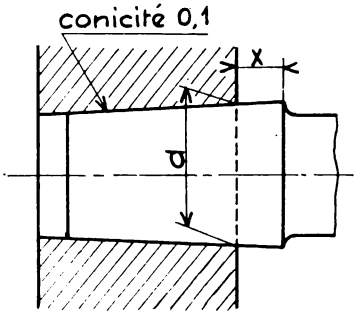



Fig.9

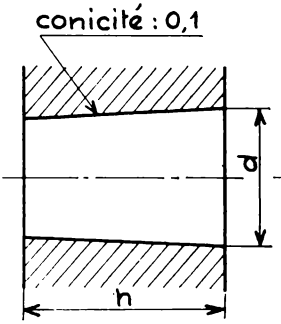



Fig.10

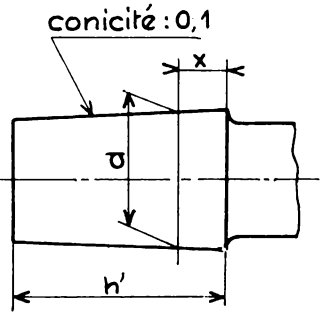



Fig.11

# 9. Représentations simplifiées

Certains éléments de machines, très employés en construction mécanique, et dont le dessin exact serait long et difficile à faire, font l'objet d'une convention particulière relative à la simplification de leur représentation. Exemples : filetages, engrenages, ressorts, rivets, soudures, robinets, etc.

1. **FILETAGES.** Les systèmes de filetage faisant l'objet d'une étude particulière, nous indiquerons à ce moment leur représentation (page 108).

2. **ENGRENAGES.** Même remarque ; voir page 113.

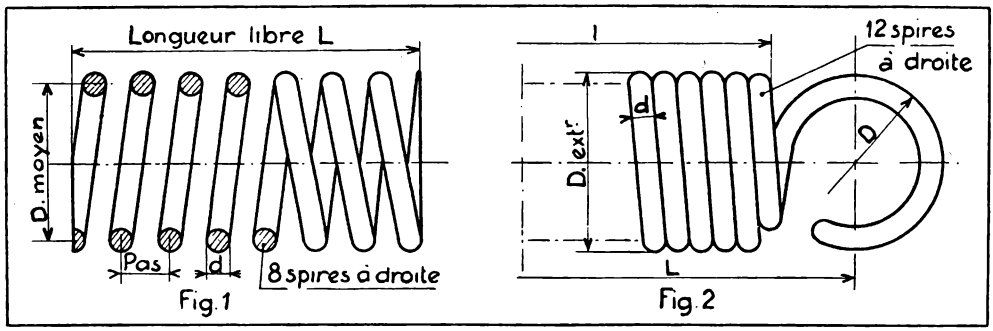
3. **RESSORTS EN HÉLICE.** Les ressorts en hélice, ou ressorts à boudin, sont constitués par un fil d'acier, à section généralement circulaire, enroulé en hélice sur un cylindre ou quelquefois sur un cône. On distingue les ressorts de traction et les ressorts de compression ; les premiers ont souvent leurs spires jointives à vide (fig. 2), la dernière spire étant recourbée pour former un crochet. Les extrémités des ressorts de compression comportent souvent une spire meulée pour constituer une face plane perpendiculaire à l'axe (fig. 1).

   a) **Représentation complète.**

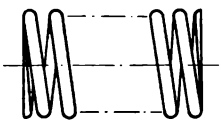
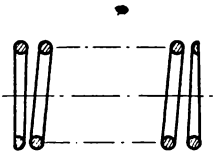
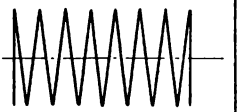
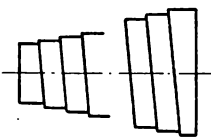
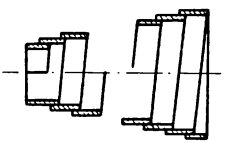
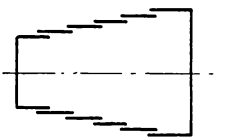
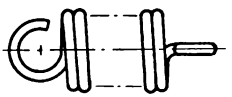
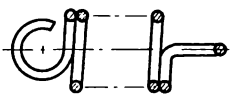
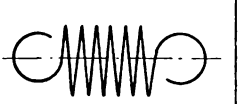
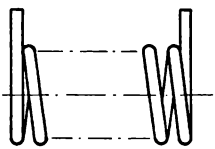
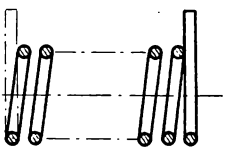
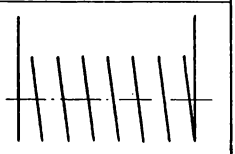
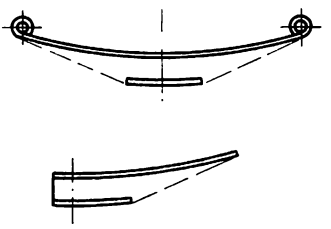
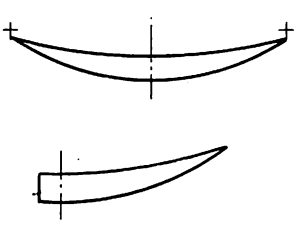
      1. Remplacer les hélices par des droites.
      2. Faire de préférence une coupe afin de simplifier le dessin et de bien montrer la section du fil ; observer dans ce cas que les demi-spires arrière montent vers la gauche pour un enroulement à droite, et inversement.

   b) **Cotes.**

      1. Section du fil constituant le ressort.
      2. Caractéristiques de l'hélice : diamètre d'enroulement (extérieur, intérieur ou moyen), sens de l'enroulement, nombre de spires.
      3. Cotes des extrémités.
      4. Caractéristiques mécaniques du ressort : charge maximum, longueur à vide L, longueur l sous une charge P, flexibilité $\frac{L - l}{P}$.



c) **Représentation conventionnelle** (NF.E.04. 115)

| Désignation du ressort | Représentation complète | | Représentation schématique |
|---|---|---|---|
| | Vue extérieure | Coupe | |
| Cylindrique de compression à spires d'extrémités rapprochées |  |  |  |
| En volute |  |  |  |
| Cylindrique de traction |  |  |  |
| Cylindrique à action angulaire, à droite (ou à gauche) |  |  |  |
| Ressorts à lames |  |  | |

## 4. ROULEMENTS ET BUTÉES (d'après NF. E.04. 114).

**Convention.** — S'il n'est pas indispensable de représenter entièrement le roulement ou la butée, adopter le mode de représentation suivant :

1. Tracer, à l'échelle du dessin, le contour délimitant, sans solution de continuité, l'encombrement de l'ensemble des bagues ou des rondelles et des cages.
2. Inscrire dans ce contour celui des signes ci-dessous qui correspond au roulement ou à la butée à représenter.
3. Doubler cette indication par un renvoi à une légende en langage clair, pour éviter tout risque d'erreur ou d'hésitation.

**Remarque.** — La représentation conventionnelle n'est schématique qu'en ce qui concerne les détails internes. Le contour délimitant l'encombrement doit au contraire être tracé à l'échelle avec la plus grande précision, compte tenu de toutes les saillies éventuelles, afin d'éviter tout risque de difficulté au montage.
Exemple : roulement avec manchon de serrage.

**Représentations conventionnelles** (extrait).

<table>
<tr><td colspan="4">Roulements à billes</td><td colspan="2">à rouleaux cylindriques</td></tr>
<tr><td>1 rangée de billes</td><td>2 rangées</td><td>2 rangées à rotule</td><td>2 rangées à rotule avec manchon de serrage</td><td>double épaulement sur bague int re</td><td>double épaulement sur bague ext re</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Roulements à rouleaux</td><td>à aiguilles</td><td colspan="2">Butées</td><td rowspan="2">Roulement ou butée de type non précisé</td></tr>
<tr><td>à rotule simple</td><td>à rouleaux coniques</td><td>simple</td><td>à simple effet</td><td>à double effet</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

**5. RIVETS** (E. 04.014).

*a)* **RIVETS NORMALISÉS :** voir page 147.

*b)* **REPRÉSENTATION SYMBOLIQUE.** Cette représentation s'applique à la charpente métallique, pour laquelle on n'emploie que les types de rivets les plus usuels : R et F/90 ainsi que les boulons H et F/90. Les signes ci-dessous (fig. 1) représentent, en élévation et vue de dessus :

**Rivets posés à l'atelier** : 1 : Rivet à tête et rivure rondes.
2 : Rivet à tête ou rivure fraisée.
3 : Rivet à tête et rivure fraisées.

**Rivets posés au chantier** : 4 : Rivet à tête et rivure rondes.
5 : Rivet à tête ou rivure fraisée.
6 : Rivet à tête et rivure fraisées.

**Boulons posés au chantier** : 7 : Boulon à tête et écrou hexagonaux.
8 : Boulon à tête fraisée et ergot.

Dans le cas où l'élévation n'est pas faite, pour distinguer si une fraisure est vue ou cachée, employer en vue de dessus les signes précédents pour la fraisure vue, et les signes suivants pour la fraisure cachée (fig. 2) :

9 : Rivet posé à l'atelier.
10 : Rivet posé au chantier.
11 : Boulon posé au chantier.

*c)* **COTATION DES RIVETS.**

Désignation : voir pages 126 et 147. Exemple : rivet R.5.20.
Nombreux rivets identiques : porter cette désignation dans une légende en dehors du tracé.
Rivets spéciaux ou exceptionnels : renvoi (fig. 3).

*d)* **COTATION D'UNE SÉRIE DE RIVETS ÉQUIDISTANTS.** Ne représenter que la ligne d'axe commune et les 2 rivets extrêmes ; coter la longueur totale comme le produit d'une distance partielle par le nombre d'intervalles (fig. 4).

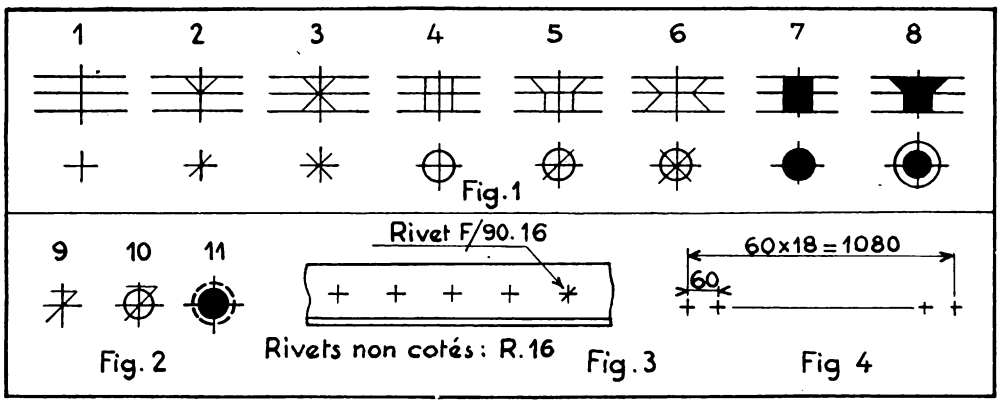



Fig. 1 — Fig. 2 — Fig. 3 — Fig 4

## 6. SOUDURES (E. 04. 020 et 04. 021).

### a) SOUDURE AUTOGENE PAR FUSION.

Chaque fois que l'échelle du dessin le permet, la soudure doit être dessinée et cotée complètement. Exemples :

Soudures bout à bout (fig. 1 et 2).

Soudure d'angle (fig. 4) ; la coupe est hachurée ou ombrée pour une soudure continue, non hachurée pour une soudure discontinue. La cote caractéristique est la gorge a ; les autres cotes (hauteur h par exemple) sont facultatives.

Ligne de soudure (fig. 3) ; les cotes caractéristiques sont l et L.

Exemple de dessin de pièce soudée : voir page 69.

Lorsque l'échelle du dessin ne permet pas la représentation complète des soudures, employer les signes conventionnels ci-après. Ces symboles représentent, en général, une coupe schématique de l'assemblage, du côté vu de la tôle.

**SOUDURES BOUT A BOUT OU A FRANC BORD** (fig. 5).

Soudure en V : simple (1), avec reprise à l'envers (2).

Soudure en X : (3).

Soudure en U : simple (4), avec reprise à l'envers (5).

Soudure sur bords droits : simple (6), avec reprise à l'envers (7).

Soudure sur bords relevés : bords affleurés (8), bords subsistants (9).

Un trait perpendiculaire à l'axe du signe indique la position du côté vu de la tôle, ce qui permet de distinguer si l'ouverture de la soudure est en avant ou en arrière ; la ligne intermédiaire de la figure 5 donne les symboles pour le cas d'ouverture en avant, la ligne inférieure pour le cas d'ouverture en arrière.

Les symboles doivent avoir au moins 2,5 mm de côté ; ils ne sont ni hachurés ni ombrés.

**Position des symboles.** En élévation, placer le symbole soit sur le trait figurant le joint de soudure, soit sur une flèche de renvoi.

Sur une vue en coupe, placer le symbole sur une flèche de renvoi ; la position de la flèche est indifférente (à gauche ou à droite). Exemples : fig. 6 et 7.

**SOUDURES A RECOUVREMENT ET SOUDURES D'ANGLES.**

Le symbole utilisé est une section rabattue, sur laquelle le trait représentant le côté caché de la tôle est supprimé ; ombrer ou hachurer les soudures continues (fig. 4 à gauche), laisser en blanc les soudures discontinues (fig. 3 et 4 à droite). Ce signe peut être supprimé lorsque les cordons de soudure ne se superposent pas sur la vue utilisée ; dans ce cas, un renvoi suffit (fig. 8, 9, 10, 2e solution).

Indiquer par un renvoi les cotes suivantes :

Pour les soudures continues : la gorge a (fig. 8 et 10).

Pour les soudures discontinues : a, l/L (fig. 8).

Pour les soudures discontinues à deux cordons, alternées sur chaque cordon : a, $^{l}\!/\!_{L}$ (fig. 9).

### b) SOUDURE AUTOGENE PAR PRESSION

Lorsque l'échelle du dessin ne permet pas la représentation complète des soudures, employer les symboles indiqués page 82.

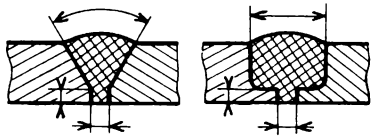


Fig. 1



Fig. 2

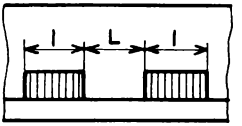



Fig. 3

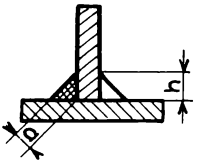



Fig. 4

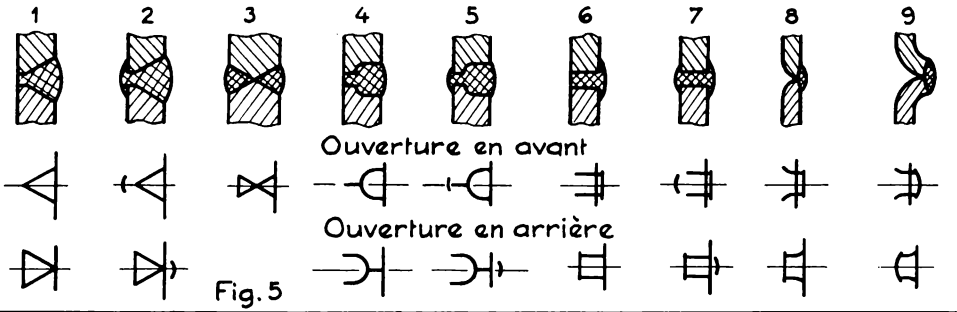



Fig. 5

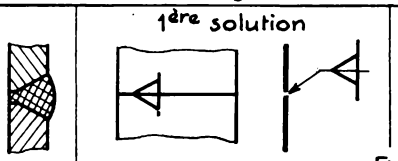



Fig. 6

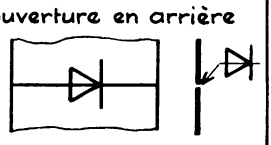
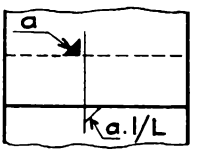
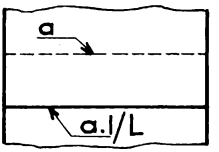
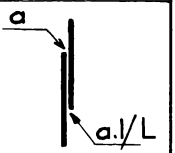
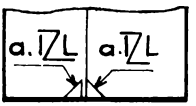
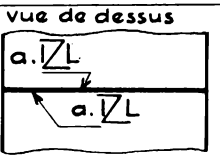
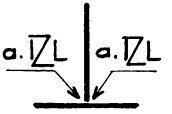
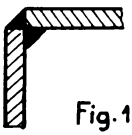
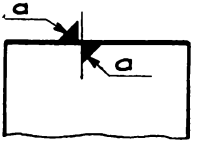
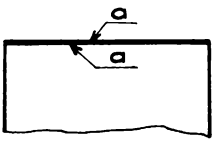
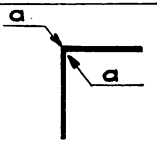
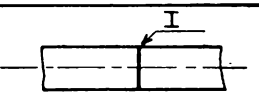
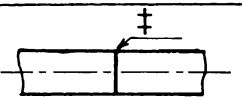
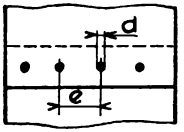
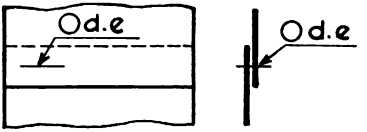
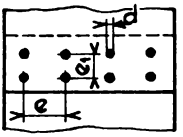
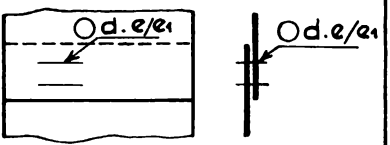
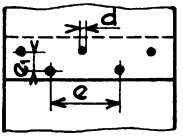
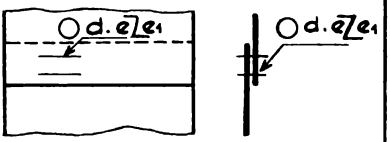
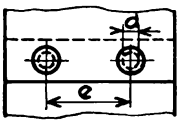
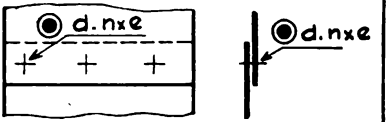
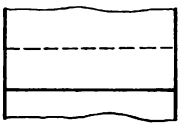
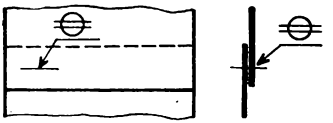
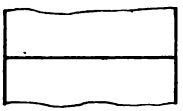
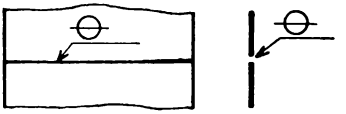



Fig. 7

| Représentation simplifiée | Représentation symbolique | | |
|---|---|---|---|
| | 1° solution | 2° solution | Coupe |
| Fig. 8 |   |   |   |
| Fig. 9 |   |   |   |
|  Fig. 10 |   |   |   |

| | Représentation simplifiée | Représentation symbolique |
|---|---|---|
| Soudure en bout par refoulement. | |   |
| Soudure en bout par étincelles. | |   |
| Soudure par points simples<br>d: diamètre de l'extrémité de l'électrode.<br>e: entre-axes des points de soudure.<br>$e_1$: entre-axes des lignes de soudure. |   |   |
| |   |   |
| |   |   |
| Soudure par points avec bossages.<br>d: diam. du bossage.<br>n: nombre de bossages.<br>e: entre-axes des bossages. |   |   |
| Soudure continue par recouvrement. |  |  |
| Soudure continue bout à bout. |  |  |

# VI. - PROBLÈMES DE DESSIN INDUSTRIEL

## 1. Dessin avec les instruments

1. **GÉNÉRALITÉS.** A l'exception du croquis, qui se fait à main levée, le dessin industriel est un dessin fait **avec les instruments de tracé** (té, équerre, compas, etc.), et **à une échelle donnée ;** par opposition au croquis, on désigne quelquefois ce genre de dessin sous le nom de « mise au net » ; il peut se faire sur papier à dessin ou sur papier calque, à l'encre ou au crayon ; dans ce dernier cas, les écritures, flèches et chiffres, se font souvent à l'encre.

Le dessin avec les instruments peut être fait d'après un croquis relevé sur la pièce, ou d'après un modèle dessiné ; dans ce dernier cas, il s'accompagne généralement d'un exercice de lecture de dessin, de transformation ou de construction.

Le dessin peut comporter la représentation d'une seule pièce, ou au contraire de l'ensemble d'un appareil ; seul le dessin d'ensemble permet de déterminer la forme de chaque pièce, ses dimensions, ses liaisons avec les pièces voisines en vue d'un montage et d'un fonctionnement satisfaisant ; l'étude d'un appareil nouveau doit donc commencer par le dessin d'ensemble ; le dessin de détail des différentes pièces peut ensuite être fait, chacune d'elles étant définie en vue d'un fonctionnement correct de l'ensemble : c'est le dessin de définition de produit fini ; enfin la pièce peut également être étudiée en vue de sa réalisation à l'atelier : c'est le dessin de fabrication.

2. **ÉTUDE TECHNOLOGIQUE** de la pièce ou de l'appareil.

1. **Etude fonctionnelle.**

Dans le cas de l'étude de l'ensemble d'un appareil, il faut rechercher successivement le rôle de l'appareil, son fonctionnement, le rôle de chaque pièce, ses liaisons avec les pièces voisines, le montage de l'ensemble, etc.

Dans le cas du dessin d'une pièce seule, il faudra d'abord faire l'étude de l'appareil dont elle fait partie : rôle, fonctionnement, etc. ; puis étudier le rôle, le montage, les mouvements possibles, les liaisons de la pièce étudiée avec les pièces voisines, etc., afin de définir toutes les conditions à remplir pour que le montage et le fonctionnement de l'ensemble soient satisfaisants ; cette étude permet de déterminer les formes et dimensions des éléments fonctionnels de la pièce.

L'étude fonctionnelle peut être faite à tous les niveaux de l'enseignement du dessin ; elle est d'abord faite sous forme analytique : la pièce étant entièrement définie, cette étude permet de faire la critique des formes, dimensions, matières utilisées, tolérances, assemblages, etc., et éventuellement de rechercher les modifications de forme, de dimensions, d'assemblage, etc., en vue d'un perfectionnement de l'appareil. L'étude fonctionnelle peut prendre la forme synthétique dès que les connaissances technologiques des élèves le permettent ; on passe ainsi graduellement de l'exercice de lecture de dessin pur à l'exercice de transformation ou de complément, puis au dessin de construction proprement dit.

2. **Etude de la fabrication.**

**Pièce brute :** si la pièce est entièrement définie, on peut rechercher le

procédé de fabrication (moulage, matriçage, etc.), justifier le choix de ce procédé, les formes adoptées, ou en faire la critique ; si la pièce est à étudier, il faut envisager les différents procédés de fabrication possibles, étudier leurs avantages et leurs inconvénients, choisir le procédé qui paraît le meilleur, en déduire la forme de la pièce brute.

**Usinage :** si les différentes phases de l'usinage sont connues, en déduire les plans de référence et les cotes nécessaires à la fabrication et à la vérification ; sinon, il est nécessaire de faire l'étude complète de la fabrication : phases successives, machines à utiliser, montages d'usinages à prévoir, etc., afin de pouvoir faire les dessins d'opération et inscrire les cotes d'usinage et de vérification de chaque phase. Cette étude ne peut être effectuée que par des élèves ayant plusieurs années de pratique du dessin et de l'atelier, et qui connaissent les méthodes d'usinage et les possibilités des différentes machines-outils (élèves des sections de dessinateurs, par ex.). Pendant les premières années d'étude, on peut étudier les formes obtenues par moulage, matriçage, pliage, soudage, etc., et la cotation correspondante ; on peut de même étudier les formes obtenues par les différents procédés d'usinage : tournage, fraisage, etc. ; on arrive ainsi progressivement au choix du procédé d'obtention de l'ébauche, et au choix des procédés d'usinage et des phases successives de la fabrication complète de la pièce.

**3. MARCHE A SUIVRE.** (Dessin de définition de produit fini ou dessin d'ensemble).

1. **Choix des vues.** Choisir les vues les plus représentatives et comportant le minimum de parties cachées, de façon à définir la pièce complètement et sans ambiguïté au moyen d'un nombre de vues aussi réduit que possible.

   Placer la pièce dans une position simple par rapport aux plans de projection, et si possible dans la position qu'elle occupe dans l'ensemble.

   Examiner s'il est utile de faire des coupes et sections.

   Utiliser les vues particulières simplifiant le dessin : demi-vues, projections obliques, interruptions, rabattements, etc.

2. **Choix de l'échelle :** choisir, parmi les échelles normalisées (p. 52), celle qui permet le dessin des vues choisies, dans le format imposé.

   Pour les dessins scolaires, ainsi qu'à certains concours, on emploie quelquefois des échelles décimales telles que 0,4 - 0,6 - 0,8 ; il est avantageux, dans ce cas, de tracer une échelle graphique ; ex. : fig. 1 et 2.

3. **Mise en place** des vues dans la feuille : déterminer la largeur et la hauteur de chaque vue ; disposer celles-ci dans la feuille de façon que les espaces entre les vues, et entre celles-ci et le bord de la feuille, soient à peu près égaux ; pour cela, calculer les intervalles (fig. 3) en tenant compte du format de la feuille, des dimensions de la pièce et de l'échelle.

4. **Esquisse.**

   Dans le cas du dessin d'une pièce entièrement définie, tracer d'abord les axes, puis esquisser l'un après l'autre les différents solides géométriques, en commençant par les formes extérieures pour terminer par les évidements ; ex. : collier raccord, p. 87.

## Echelle : 0,8

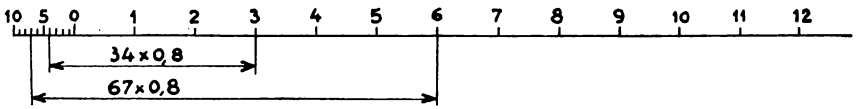



Fig. 1

## Echelle : 0,6

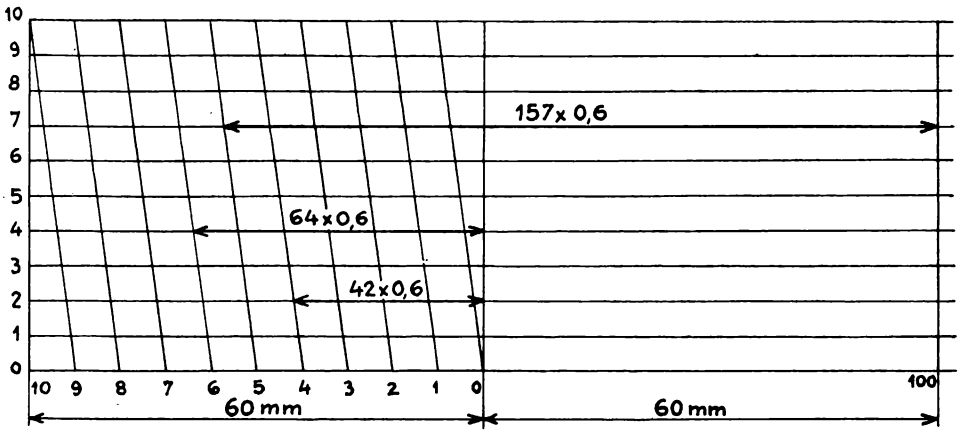
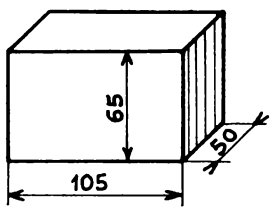



Fig. 2

## Mise en place




$$x = \frac{297 - (105+50)}{3}$$

$$y = \frac{210 - (65+50)}{3}$$

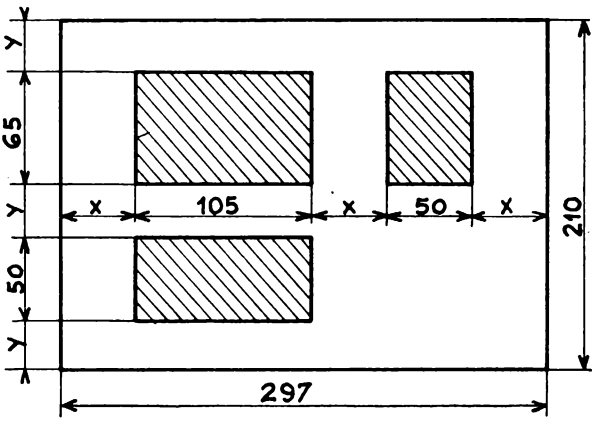



Fig. 3

Dans le cas d'une pièce à étudier, déterminer et dessiner en premier lieu les éléments fonctionnels, surfaces, volumes, évidements, etc., puis les formes non fonctionnelles reliant les premières.

Dans le cas d'un ensemble, mettre en place les élements connus : pièces données entièrement ou partiellement ; puis résoudre l'un après l'autre les problèmes posés : problèmes de fonctionnement (guidage, blocage, etc.), de fabrication (formes de pièces, brutes ou usinées), de montage, etc.

5. **Tracé définitif** (ou mise au net). Tracer d'abord les axes, puis les cercles et arcs de cercle afin de faciliter les raccordements. Tracer ensuite les lignes horizontales, en commençant par le haut et en descendant, puis les lignes verticales, de gauche à droite, enfin les obliques. Procéder de cette façon, d'abord pour les traits fins, puis pour les traits mi-forts, enfin pour les traits forts ; on peut procéder dans l'ordre inverse, mais la première méthode permet plus facilement de corriger les erreurs. Avoir soin de faire ensemble tous les traits de même largeur, afin que celle-ci soit constante.
6. **Cotation, façonnage, tolérance.**
   a) **Préparation.** L'étude de la pièce a permis de déterminer les éléments fonctionnels ; rechercher en premier lieu les dimensions fonctionnelles (voir chapitre « Cotation ») ; placer les lignes de cotes et d'attache, en recherchant la meilleure disposition ; faire ensuite de même pour les dimensions non fonctionnelles. Dans un dessin au crayon, tracer directement en trait définitif les lignes d'attache et de cotes ; dans un dessin à l'encre, les esquisser d'abord au crayon, puis les repasser à l'encre, en procédant comme pour la mise au net.
   b) **Tracé des flèches et inscription des chiffres de cote :** flèches et chiffres se font généralement à l'encre sur les dessins au crayon ; en même temps que les chiffres de cotes, inscrire les écarts par rapport à la cote nominale ou les symboles d'ajustements normalisés.
   c) **Inscription des signes de façonnage :** l'étude de la pièce a montré quel devait être l'état de surface des différents éléments fonctionnels ; en déduire les signes de façonnage à inscrire sur les différentes surfaces.
7. **Nomenclature, cartouche, écritures diverses.** Préparer au crayon la nomenclature et les repères de pièces, l'indication des coupes, les inscriptions du cartouche, etc. ; faire ensuite toutes ces écritures à l'encre, en exécutant ensemble les écritures de même hauteur, nécessitant la même plume.

**4. EXEMPLE :** Dessin d'un collier-raccord.

On donne la perspective (fig. 1) ; on demande la vue de face (sens f) et la vue de gauche coupée par le plan axial vertical de la vue de face.

1. Mise en place et tracé des axes (fig. 2).
2. Esquisse des formes extérieures (fig. 3).
3. Esquisse des évidements (fig. 4).
4. Tracé des congés et arrondis ; indication des lignes vues et cachées (fig. 5).
5. Tracé définitif - Cotation (fig. 6).

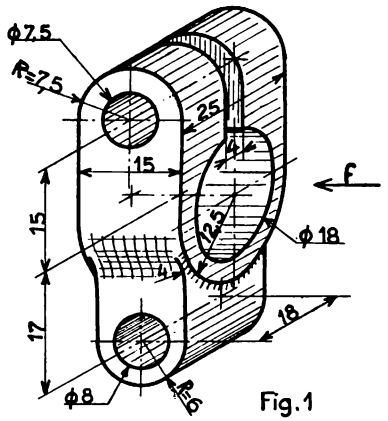


Fig.1

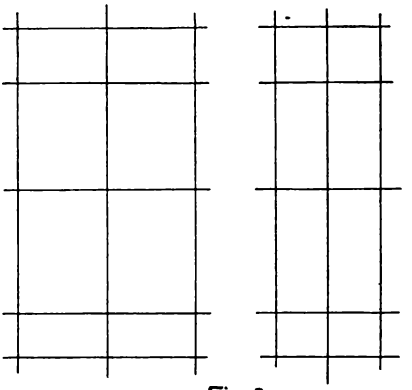


Fig.2

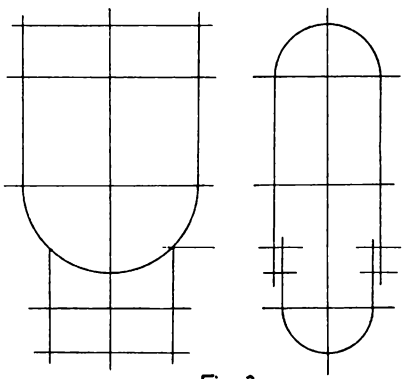


Fig.3

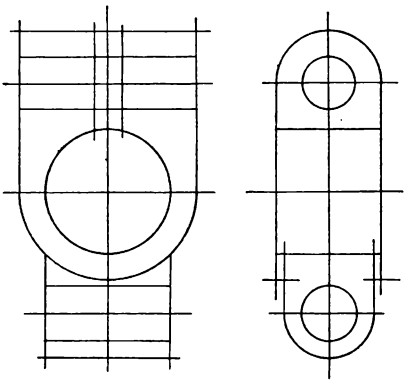


Fig.4

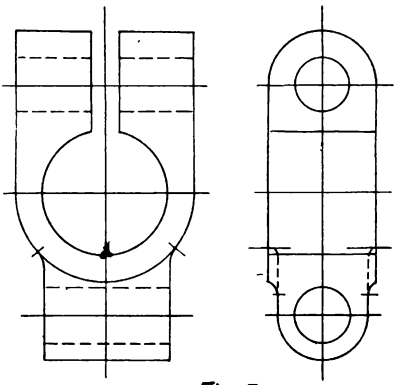


Fig.5

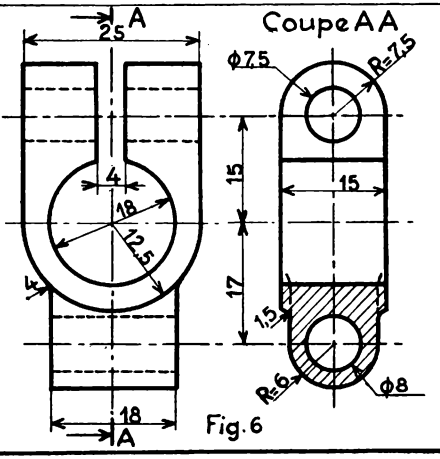


Fig.6

## 2. Croquis coté

1. **GÉNÉRALITÉS.** Un croquis est un dessin fait **à main levée,** c'est-à-dire sans règle ni compas, et **à vue d'œil,** c'est-à-dire sans instrument de mesure ; l'usage de papier quadrillé ou millimétré facilite le tracé. Le croquis doit représenter la pièce suivant les conventions normalisées du dessin ; il peut être fait en projections ou en perspective.

   Le croquis doit être rapide, et par conséquent ne doit comporter que le minimum de vues ; cependant, il doit être complet et définir entièrement la pièce au point de vue forme, dimensions, matière, etc.

   Le croquis le plus instructif est celui qui est fait d'après un modèle réel ; c'est le cas du croquis exécuté en vue du remplacement d'une pièce usée ou brisée ; dans les écoles, par suite de la difficulté de se procurer un grand nombre de pièces identiques, on utilise souvent des modèles dessinés en perspective ; le croquis étant fait en projections, l'exercice comporte alors un problème de lecture de dessin. Le dessin de mémoire se fait également en croquis, mais non coté.

2. **MARCHE A SUIVRE.**
   1. **Etude de la pièce :** voir dessin avec les instruments.
   2. **Choix des vues :** idem.
   3. **Echelle.** Le dessin étant fait à vue d'œil, les dimensions ne sont pas portées à l'échelle ; il s'agit simplement de respecter les proportions.
   4. **Mise en place.** La faire approximativement.
   5. **Esquisse.** Procéder comme pour le dessin avec instruments.
   6. **Tracé définitif.** Nettoyer la feuille, puis repasser tous les traits, en distinguant les lignes vues et cachées ; faire les traits forts et mi-forts avec un crayon mi-dur, les axes et les hachures avec un crayon dur. Tenir le crayon près de la pointe, presque vertical ; appuyer fortement.
   7. **Cotation.** Procéder comme pour le dessin avec instruments. Dans le cas d'un croquis d'après modèle réel, la mesure précise des dimensions sur la pièce est une opération difficile nécessitant l'emploi d'outils de traçage et d'appareils de mesure tels que trusquin, pied à coulisse, etc.
   8. **Nomenclature et écritures diverses.**

## 3. Lecture de dessin

1. **BUT.** Lire un dessin, c'est se représenter la forme de la pièce dessinée, trouver ses dimensions, reconnaître les surfaces usinées, etc. Les exercices de lecture de dessin ont pour but d'habituer les élèves à « voir dans l'espace », c'est-à-dire à reconstituer par la pensée la forme d'une pièce d'après son dessin.
   La lecture de dessin est très importante pour de futurs ouvriers ou techniciens qui auront constamment à lire des « bleus » à l'atelier. Les exercices peuvent être faits en croquis ou en mise au net.
2. **PROBLÈMES.** La lecture de dessin peut revêtir de nombreuses formes :
   1. Description orale de la pièce : différentes parties, forme et dimensions de chaque partie ; rôle de la pièce, fonctionnement, etc.
   2. Une pièce étant donnée en perspective, la dessiner en projections ou inversement.
   3. Une pièce étant donnée en projections, trouver de nouvelles vues, remplacer des vues simples par des coupes, etc.
   4. Une pièce étant donnée en projections, la dessiner après lui avoir fait

subir une rotation l'amenant dans une nouvelle position.

5. Etant donné le dessin d'ensemble d'un appareil, faire le dessin de définition de produit fini des différentes pièces.
6. Inversement, étant donnés les dessins des pièces détachées d'un appareil, faire le dessin de l'ensemble monté ; les organes d'assemblage tels que vis, boulons, clavettes, axes d'articulation, etc., ne sont généralement pas donnés ; certaines pièces peuvent n'être données que partiellement ou pas du tout ; certains assemblages peuvent être laissés à l'initiative de l'élève ; l'exercice de lecture de dessin se double alors d'un exercice de construction.

## 4. Dessin de construction

Le dessin industriel n'est pas une fin en soi ; ce n'est qu'un mode d'expression, comme l'écriture est le mode d'expression de la pensée ; apprendre à lire un dessin et à dessiner constituent l'équivalent de l'apprentissage de la lecture et de l'écriture pour l'enfant ; dès que celui-ci sait lire et écrire, on lui apprend à s'exprimer par des exercices de langage et de rédaction ; de même, après l'apprentissage graphique et l'étude des conventions du dessin, il faut utiliser ces mécanismes pour exprimer sa pensée, c'est-à-dire traduire par un dessin la résolution d'un problème technique : dessiner la pièce, ou l'assemblage, ou l'appareil, destiné à remplir une fonction mécanique déterminée : c'est le dessin de construction. Il peut revêtir plusieurs formes :

1. Transformation d'une pièce ou d'un assemblage en vue d'obtenir une amélioration du fonctionnement, de la résistance, etc.
2. Compléments de structure : il s'agit de compléter le dessin d'un appareil dont certaines pièces ou assemblages ne sont pas donnés.
3. Etude complète ou projet d'un appareil, d'après schéma, avec éventuellement calculs de cinématique et de résistance des matériaux.

Ce dernier exercice ne peut évidemment être abordé que lorsque les connaissances des élèves en technologie de construction et en mécanique sont assez approfondies, donc en fin de scolarité. Par contre, les exercices de transformation et de complément peuvent être abordés dès que les élèves connaissent les conventions du dessin et sont familiarisés avec l'emploi des instruments, et notamment dès que l'on commence l'étude de la technologie de construction ; ils sont plus éducatifs que les exercices de lecture simples, car ils font appel à la réflexion, au jugement, au bon sens des élèves, et contribuent considérablement à leur formation technique ; en commençant très tôt, et en augmentant graduellement les difficultés, on arrive en fin de scolarité au projet plus ou moins complet.

## 5. Autres exercices

1. **THÈME GRAPHIQUE :** il consiste à faire le dessin d'une pièce d'après un texte descriptif ; il est forcément limité à des pièces simples.
2. **DESSIN DE MÉMOIRE :** il consiste à faire de mémoire le croquis d'une pièce déjà dessinée auparavant, ou que l'on donne à examiner pendant un temps limité ; il ne s'agit pas de se rappeler les dimensions, mais seulement les formes et les proportions. Ce dessin oblige les élèves à une grande attention et développe la mémoire des formes.
3. **CALCUL DU POIDS D'UNE PIÈCE :** il s'agit de la décomposer en solides géométriques élémentaires, de calculer leur volume et leur poids ; c'est un bon exercice d'analyse de forme, mais il faut le limiter à des solides simples.

# VII. - AJUSTEMENTS (E. 02.000 à 02.045)

## 1. GENERALITES

Pour réaliser à l'atelier un assemblage, celui de la fig. 1 par exemple, la cote de diamètre 30 est insuffisante, car elle ne renseigne pas sur la nature de l'assemblage (avec jeu, juste, bloqué, etc.).

Même si le dessin porte l'indication « glissant », ou « tournant », ou « bloqué », etc., il faudra, pour réaliser l'assemblage, faire des retouches au montage afin d'obtenir l'ajustement désiré.

Si l'on a toute une série d'assemblages semblables à réaliser, on cherche à éviter les retouches au montage, de façon à obtenir des pièces interchangeables, et cela avec le jeu ou le serrage voulu.

On pourrait réaliser cette condition en donnant, par exemple, à la tige un diamètre de 29,98 et à l'alésage un diamètre de 30 exactement dans le cas d'un assemblage « glissant ». Les pièces assemblées présenteraient ainsi un jeu de 0,02 mm appelé « jeu systématique de montage ».

Mais il est impossible de réaliser des cotes rigoureuses par suite de l'imperfection des machines et des instruments de mesure, et on est obligé de laisser à l'ouvrier une certaine marge appelée « tolérance ». Pour que les pièces restent interchangeables, il suffira que ces tolérances soient bien choisies et que les cotes réalisées soient à l'intérieur des cotes limites résultant de ces tolérances. Par exemple, la tige devra être comprise entre 29,975 et 29,990 (tolérance 0,015 mm ou 15 microns) et l'alésage entre 30 et 30,010 (tolérance 10 microns).

Pour qu'une pièce soit bonne, il suffit donc que sa dimension réelle soit comprise entre les cotes maximum et minimum (29,990 et 29,975 par exemple pour l'arbre). Au lieu de la mesurer, on la compare avec un « calibre à limites » comportant les cotes « mini » et « maxi » ; pour que la pièce soit bonne, l'un des calibres doit entrer (ou laisser entrer la pièce), l'autre ne doit pas entrer (ou ne pas laisser entrer la pièce) ; d'où les noms de côté « entre » et côté « n'entre pas » donnés aux deux extrémités du calibre.

Principaux calibres à limites :

Pour les alésages : tampons (fig. 2) ; jauge plate (fig. 3) ; broches à bouts sphériques.

Pour les arbres : bagues, calibres à mâchoires (fig. 4).

On voit que l'on aura besoin de deux calibres pour vérifier les pièces d'un assemblage donné ; on est ainsi conduit à posséder un très grand nombre de calibres, car ils diffèrent non seulement par la cote nominale, mais également par la nature de l'ajustement à réaliser. Or, leur prix est très élevé par suite de la précision de leur fabrication. En vue de réduire leur nombre, on a été ainsi conduit à normaliser un système d'ajustement ; c'est le système international I.S.A., adopté en France, que nous allons étudier. On a, d'autre part, normalisé une série de dimensions nominales susceptibles d'ajustements (voir nombres normaux, page 123).

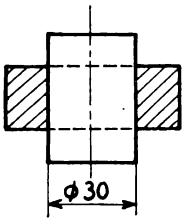



Fig. 1

## Calibre à tampons.

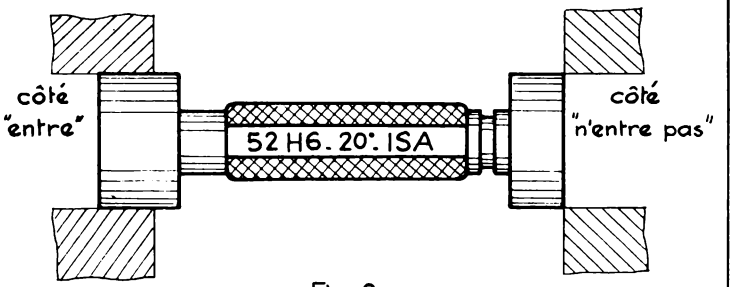



Fig. 2

## Jauge plate double

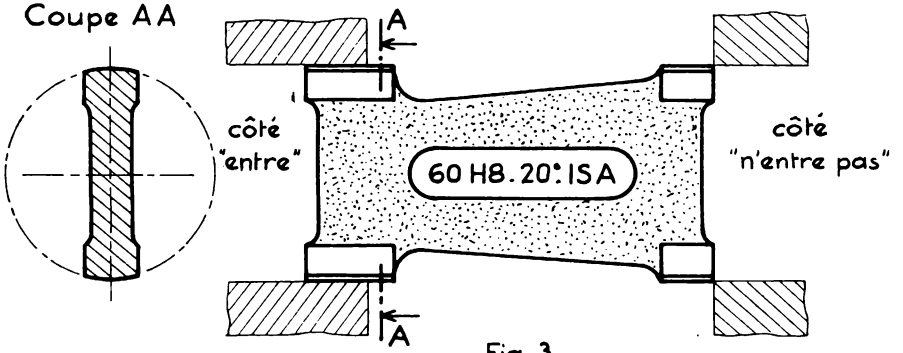



Fig. 3

## Calibre à mâchoires

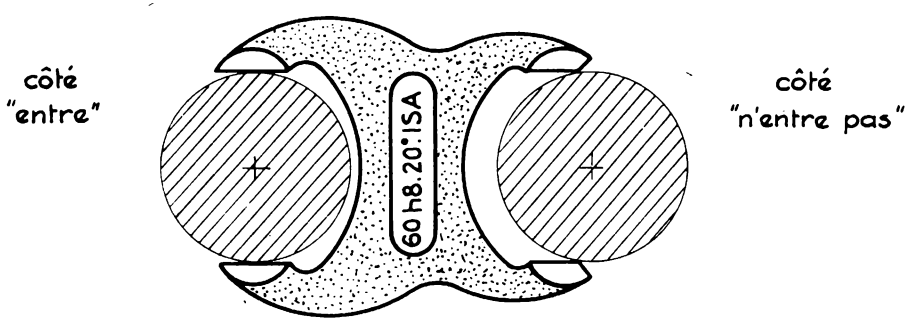



Fig. 4

## 2. DÉFINITIONS.

**Remarque.** Tout ce qui est dit pour les arbres s'applique à tous les contenus : coulisseaux, clavettes, etc.
Tout ce qui est dit pour les alésages s'applique à tous les contenants : rainures, mortaises, glissières, etc.

a) **Cotes.**
**Cote nominale :** cote indiquée par le dessin, commune à l'arbre et à l'alésage ; elle doit être choisie dans le tableau de la page 119.
**Cote réelle :** dimension réelle de la pièce finie.
**Cotes limites :** cote maximum et cote minimum entre lesquelles doit rester la cote réelle pour que la pièce soit interchangeable.

b) **Ecarts.** On détermine les cotes limites par leur écart par rapport à la cote nominale.
Ecart supérieur (Es) = cote maximum — cote nominale.
Ecart inférieur (Ei) = cote minimum — cote nominale.
Ces écarts peuvent être positifs ou négatifs.

c) **Tolérance :** C'est la marge laissée à l'ouvrier ; elle est égale à la différence entre la cote maximum et la cote minimum ; elle est aussi égale à la différence entre l'écart supérieur et l'écart inférieur ; en effet :
Es — Ei = (cote maxi — cote nominale) — (cote mini — cote nominale) = cote maxi — cote mini.

d) **Ajustement :** c'est l'assemblage d'un arbre et d'un alésage ayant même cote nominale. Les cotes réelles étant différentes, l'assemblage peut se faire avec jeu ou avec serrage.

e) **Jeu et serrage.** Il y a du jeu si la cote réelle de l'alésage est plus grande que la cote réelle de l'arbre ; il y a serrage si c'est l'inverse.
**Jeu maximum :** c'est la différence, avec son signe, entre la cote maximum de l'alésage et la cote minimum de l'arbre. Il peut être positif ou négatif ; s'il est négatif, c'est un serrage.
**Jeu minimum :** c'est la différence, avec son signe, entre la cote minimum de l'alésage et la cote maximum de l'arbre. Il peut être positif ou négatif ; s'il est négatif, c'est un serrage.

f) **Cas d'ajustements.**
1. **Avec jeu** (fig. 1) : l'ajustement est dit « avec jeu » si, **dans tous les cas,** la cote réelle de l'alésage est supérieure à la cote réelle de l'arbre ; le jeu maximum et le jeu minimum sont donc positifs.
2. **Avec serrage** (fig. 2) : l'ajustement est dit « avec serrage » si, **dans tous les cas,** la cote réelle de l'alésage est inférieure à la cote réelle de l'arbre ; le jeu maximum et le jeu minimum sont alors négatifs.
3. **Incertain** (fig. 3) : l'ajustement est dit « incertain » lorsque la cote réelle de l'alésage peut être supérieure ou inférieure à la cote réelle de l'arbre. Il y a donc tantôt du jeu, tantôt du serrage. Le jeu maximum est positif, et le jeu minimum est négatif.

**Remarque.** Les cotes s'expriment en mm, les tolérances, écarts et jeux en microns (1 $\mu$ = 1/1000 de mm). Toutes les dimensions définies dans le système I.S.A. le sont pour une température de 20° (température de référence).

## Ajustement avec jeu.

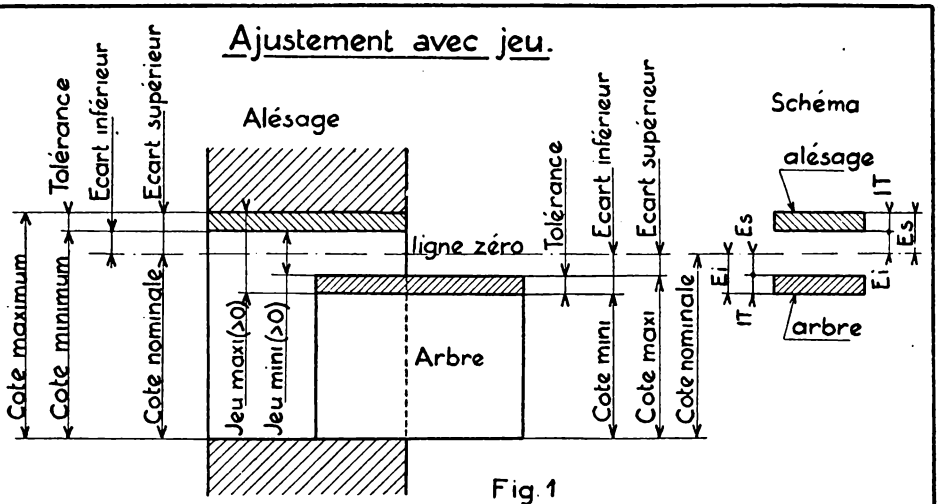



Fig. 1

## Ajustement avec serrage.

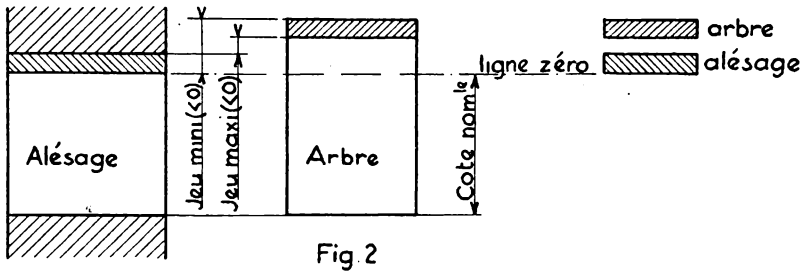



Fig. 2

## Ajustements incertains.

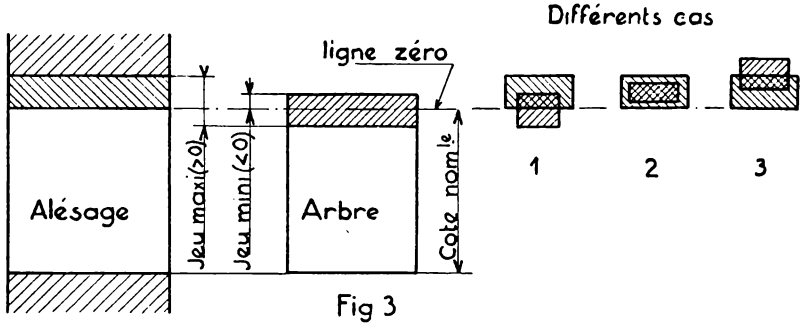



Fig 3

## 3. QUALITE DES AJUSTEMENTS (grandeur des tolérances).

a) **Influence de la qualité.** Les différents assemblages que l'on a à réaliser en mécanique ne demandent pas tous la même précision ; aussi a-t-on classé les éléments normalisés (arbres et alésages) en un certain nombre de **qualités,** d'après la précision que l'on impose à leur usinage, c'est-à-dire d'après la tolérance qu'on laisse à l'ouvrier.

Chaque qualité est désignée par un numéro ; à des numéros de plus en plus élevés correspondent des tolérances de plus en plus grandes, donc des précisions de moins en moins grandes.

Il est prévu 16 qualités numérotées de 1 à 16 ; les qualités adoptées couramment vont de 5 à 11 pour les arbres, de 6 à 11 pour les alésages. Pour une même cote nominale, un arbre et un alésage de même qualité ont des tolérances égales.

b) **Influence de la cote nominale.** Pour une qualité donnée, la tolérance de fabrication augmente avec la cote nominale ; à cet effet, les diamètres de 1 à 500 sont classés en **treize paliers ;** dans chacun de ces paliers, la tolérance reste constante pour une qualité donnée ; mais elle change d'un palier à l'autre.

Le tableau ci-dessous donne les tolérances en microns des qualités 5 à 11, pour les différents paliers de diamètres ; il permet de trouver la tolérance pour un diamètre et une qualité donnés.

Exemple : diamètre 25, qualité 5 : tolérance 9 μ
— 25, — 10 : — 84 μ
— 100, — 5 : — 15 μ
— 100, — 10 : — 140 μ

*Tableau donnant les tolérances en microns des qualités 5 à 11, pour les différents paliers de diamètres.*

| Paliers de diamètres (en mm.) | Qualités | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 à 3 inclus | 5 | 7 | 9 | 14 | 25 | 40 | 60 |
| | depuis 3 jusqu'à 6 | 5 | 8 | 12 | 18 | 30 | 48 | 75 |
| | — 6 — 10 | 6 | 9 | 15 | 22 | 36 | 58 | 90 |
| | — 10 — 18 | 8 | 11 | 18 | 27 | 43 | 70 | 110 |
| | — 18 — 30 | 9 | 13 | 21 | 33 | 52 | 84 | 130 |
| | — 30 — 50 | 11 | 16 | 25 | 39 | 62 | 100 | 160 |
| | — 50 — 80 | 13 | 19 | 30 | 46 | 74 | 120 | 190 |
| | — 80 — 120 | 15 | 22 | 35 | 54 | 87 | 140 | 220 |
| | — 120 — 180 | 18 | 25 | 40 | 63 | 100 | 160 | 250 |
| | — 180 — 250 | 20 | 29 | 46 | 72 | 115 | 185 | 290 |
| | — 250 — 315 | 23 | 32 | 52 | 81 | 130 | 210 | 320 |
| | — 315 — 400 | 25 | 36 | 57 | 89 | 140 | 230 | 360 |
| | — 400 — 500 | 27 | 40 | 63 | 97 | 155 | 250 | 400 |

## 4. POSITION DES TOLÉRANCES.

Nous venons de voir qu'un arbre de 25, qualité 5, aura une tolérance de 9 μ. Mais celle-ci peut être disposée totalement en dessous de la cote nominale (24,984 à 24,993 par exemple) ou à cheval sur la cote nominale (24,996 à 25,005 par exemple) ou complètement au-dessus de la cote nominale (25,008 à 25,017 par exemple). Il est d'ailleurs nécessaire qu'on puisse faire varier la tolérance par rapport à la cote nominale, pour qu'on puisse associer un arbre et un alésage interchangeables (cote de l'alésage plus grande que 25 et cote de l'arbre plus petite que 25, par exemple, pour un assemblage avec jeu).

Pour chaque qualité, on a alors normalisé un certain nombre d'éléments dont les tolérances sont placées différemment par rapport à la cote nominale. Ces éléments se désignent par des lettres, majuscules pour les alésages, minuscules pour les arbres.

a) **Arbres.** Ils sont désignés par les lettres minuscules suivantes : a, b, c, d, e, f, g, h, j, k, m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z.

**Arbres a, b, c, d, e, f, g :** zone de tolérance entièrement en dessous de la ligne zéro (voir figure ci-dessous). Ecarts tous négatifs. Cote maximum plus petite que cote nominale.

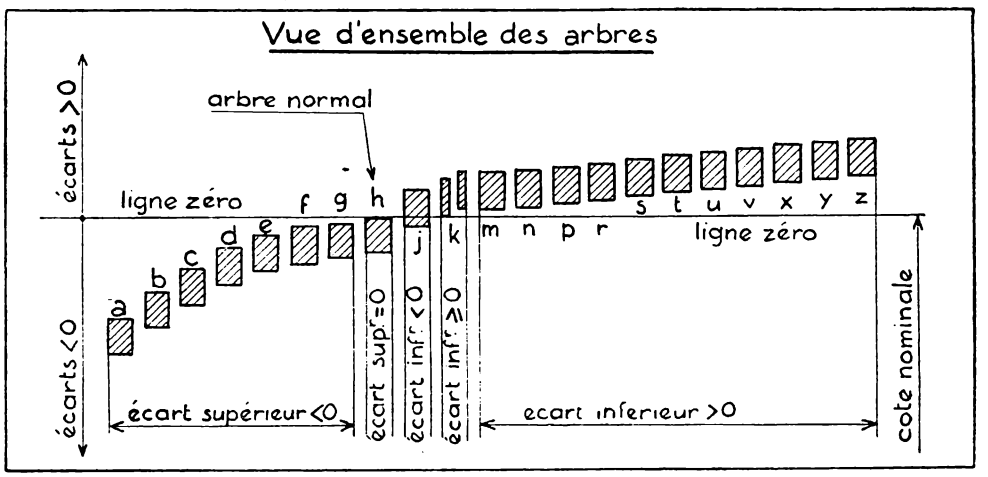
**Arbre h : Arbre normal.** Ecart supérieur nul. Diamètre maximum = cote nominale. Zone de tolérance en dessous de la ligne zéro.

**Arbre j :** zone de tolérance à cheval sur la ligne zéro.

**Arbre k :** zone de tolérance au-dessus de la ligne zéro. Ecart inférieur positif pour les qualités 5, 6, 7, nul pour les qualités de 8 à 16.

**Arbres m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z :** zone de tolérance au-dessus de la ligne zéro. Ecart inférieur positif. Cotes toujours plus grandes que la cote nominale.

**Remarque.** Les cotes augmentent dans l'ordre a, b, c, d, etc.



b) **Alésages.** Ils sont désignés par les lettres majuscules A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z.

**Alésages A, B, C, D, E, F, G :** zone de tolérance entièrement au-dessus de la ligne zéro. Ecarts tous positifs. Cote minimum plus grande que cote nominale.

**Alésage H : alésage normal.** Ecart inférieur nul. Diamètre minimum = cote nominale. Zone de tolérance au-dessus de la ligne zéro.

**Alésages J, K :** zone de tolérance à cheval sur la ligne zéro.

**Alésage M :** zone de tolérance à cheval sur la ligne zéro ou en dessous. Ecart supérieur positif, nul, ou négatif.

**Alésage N :** zone de tolérance au-dessous de la ligne zéro. Ecart supérieur nul ou négatif.

**Alésages P, R, S, T, U, V, X, Y, Z :** zone de tolérance au-dessous de la ligne zéro. Ecarts supérieurs négatifs. Cotes toujours plus petites que la cote nominale.

**Remarque :** Les cotes diminuent dans l'ordre A, B, C, D, etc. (fig. 1).

## 5. DESSIN.

a) **Représentation.** Ne pas figurer le jeu entre 2 pièces lorsqu'elles ont même cote nominale (fig. 2).

b) **Cotation.** Indiquer la cote nominale suivie du symbole d'ajustement : lettre caractérisant la position de la tolérance et numéro de la qualité (fig. 2) ; pour un ensemble, porter à la suite l'un de l'autre les symboles de l'alésage et de l'arbre.

Exemples : 30 H 7 - 30 f 7 - 30 H 7. f 7 ou H 7/f 7.

Sur un dessin de détail on pourra faire suivre le symbole d'ajustement des écarts correspondants. Exemple : 30 j 6. $\begin{matrix}+9\\-4\end{matrix}$

c) **Exemple :** Montage d'un arbre de pompe à huile (fig. 4).

## 6. SYSTÈMES D'AJUSTEMENTS.

En vue de réduire au maximum le nombre d'ajustements possibles, et par là le nombre des calibres à employer, on se borne à employer l'un des deux systèmes suivants :

1. **Système de l'alésage normal,** dans lequel on emploie toujours un alésage H. Les variations de jeu ou de serrage nécessaires pour obtenir des assemblages différents sont obtenues par le choix de l'arbre (fig. 3).
2. **Système de l'arbre normal,** dans lequel on emploie toujours un arbre h. Les variations de jeu ou de serrage sont obtenues par le choix de l'alésage.

Il faut toujours employer le système à alésage normal, sauf en cas de raisons techniques spéciales (bouts d'arbres, roulements à billes).

## Vue d'ensemble des alésages

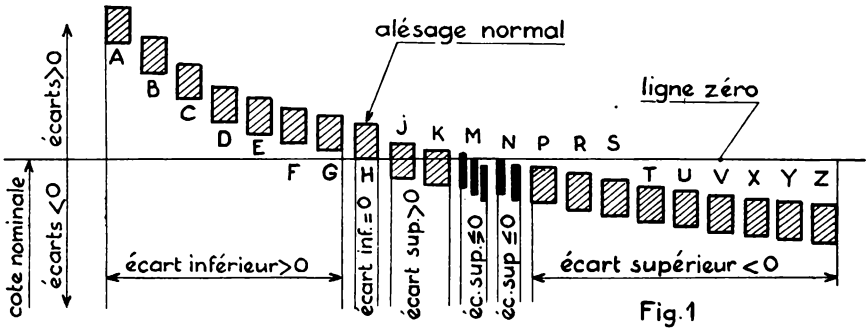



Fig.1

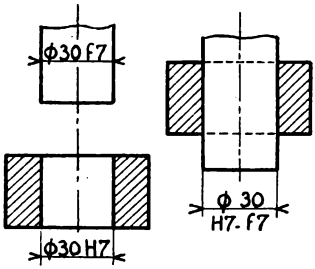



Fig.2

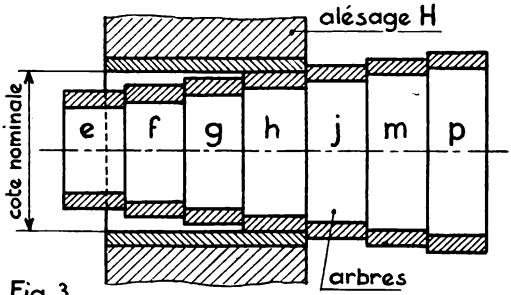



Fig.3

Exemple d'emploi

## Arbre de pompe à huile.

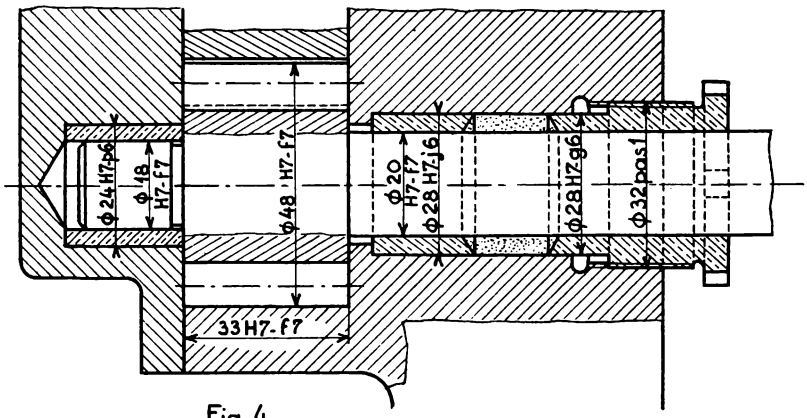



Fig.4

## 7. CHOIX D'UN AJUSTEMENT.

### a) METHODE.

1. **Déterminer les jeux ou serrages extrêmes** compatibles avec le bon fonctionnement de l'assemblage à réaliser.

   Pour les assemblages avec jeu, tenir compte du mouvement relatif des pièces (rotation, glissement), de la longueur des pièces en contact, de leur température de fonctionnement, du mode de travail des pièces, etc.

   Pour les assemblages avec serrage, déterminer les serrages extrêmes par le calcul, en tenant compte de l'adhérence et de la fatigue.
2. **Choisir alors dans les normes** l'ajustement I.S.A. comportant des jeux ou serrages aussi voisins que possible de ceux déterminés par le bureau d'études.

### b) REMARQUES.

1. Laisser à l'atelier des tolérances aussi larges que possible, car la précision coûte cher.
2. L'exécution des alésages étant plus difficile que celle des arbres, on adopte souvent, pour un ajustement, une précision plus grande pour l'arbre que pour l'alésage. Exemple : H 7 - g 6.
3. Lorsque le jeu d'un ajustement est important, il est inutile d'exiger une grande précision. Exemple H 7 - e 8 ; inversement, un faible jeu ou un serrage demandent une précision assez grande. Exemple : H 7 - h 6 ; H 7 - p 6.

### c) AJUSTEMENTS RECOMMANDES (E. 02.031).

Pour faciliter le choix des ajustements, l'I.S.A. a retenu un certain nombre d'ajustements comme paraissant être les plus usuels pour la mécanique de précision et la mécanique générale. Ces ajustements recommandés sont tous du système à « alésage normal ». Ce sont :

1. **Avec l'alésage H 6 :**
   Assemblages avec jeu : H 6 avec e 7, f 6, g 5, h 5 (jeu décroissant).
   Assemblages incertains : H 6 avec j 5, k 5, m 5.
   Assemblages avec serrage : H 6 avec n 5, p 5, r 5, s 5, t 5, u 5, v 5, x 5 (serrage croissant).
2. **Avec alésage H 7 :**
   Assemblages avec jeu : H7 avec a9, b9, b8, c9, c8, d9, d8, e8, f7, g6, h6.
   Assemblages incertains : H7 avec j6, k6, m6, n6.
   Assemblages avec serrage : H7 avec p6, r6, s6, t6, u6, v6, x6, y6, z6
3. **Avec l'alésage H 8 :**
   Assemblages avec jeu : H8 avec d10, e9, f8, h8, h7.
   Assemblages incertains : H8 avec j7, k7, m7, n7, p7, r7.
   Assemblages avec serrage : H8 avec s7, t7, u7, v7, x7, y7, z7.
4. **Avec l'alésage H 11 :**
   Assemblages avec jeu : H11 avec a11, b11, c11, d11, h11.

Le tableau suivant donne les ajustements les plus employés parmi les ajustements recommandés, la nature du montage obtenu, les cas d'emploi

**Ajustements recommandés**

| | Assemblage réalisé | Mécanique de précision | Fabrication soignée | Fabrication courante | Fabrication très ordinaire | MONTAGE | CAS D'EMPLOI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pièces mobiles l'une par rapport à l'autre | 1. Assemblage libre | H 6. e 7 | H 7. e 8 | H 8. e 9 | H 11. c 11 | Montage à la main très facile | Pièces dont le fonctionnement nécessite un grand jeu pour cause de dilatation, mauvais alignement, portées très longues. |
| | 2. Assemblage tournant | H 6. f 6 | H 7. f 7 | H 8. f 8 | H 11. d 11 | Montage à la main facile | Cas ordinaire des pièces tournant ou glissant dans une bague ou un palier (bon graissage assuré) |
| | 3. Assemblage glissant | H 6. g 5 | H 7. g 6 | H 8. h 8 | H 11. h 11 | Montage à la main assez facile | Pièces en translation demandant un guidage précis ; pièces en rotation de grande précision |
| Pièces immobiles l'une par rapport à l'autre | 4. Assemblage glissant juste | H 6. h 5 | H 7. h 6 | | | Montage à la main possible par forte pression | Assemblages fixes très précis. |
| | 5. Assemblage légèrement dur | H 6. j 5 | H 7. j 6 | | | Mise en place au maillet | Démontage et remontage possibles sans détérioration : mais l'emmanchement n'est pas suffisant pour transmettre un effort. Ex. : poulies, engrenages, roulements |
| | 6. Assemblage bloqué | H 6. m 5 | H 7. m 6 | | | Mise en place à la masse | Démontage et remontage possibles sans détérioration : l'emmanchement ne peut transmettre que de faibles efforts. Ex. : engrenages, poulies, manchons d'accouplement, volants |
| | 7. Assemblage serré | H 6. p 5 | H 7. p 6 | | | Mise en place à la presse ou par dilatation | Démontage impossible sans détérioration des pièces : l'emmanchement peut transmettre des efforts importants. Ex. : frettes, douilles en bronze jantes de roues |

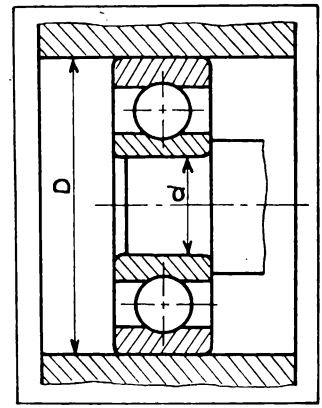
**Remarque.** Les normes E. 02.051 et 52 donnent un choix de tolérances qui ne diffèrent de la norme E. 02.031 que par l'adjonction des arbres d7, u8, v8, x8, y8, z8, h9, h10, et des alésages H9 (de 100 à 500 mm) et H10 (de 1 à 140 mm). Les arbres sont classés en 3 séries :

Série primaire : b11, d11, d10, d8, e9, e7, f8, f7, g6, h11, h10, h9, h8, h6, j6, k6, m6, n6, p6, r7, s7, u7, x7 (h9 et h10 de 1 à 65 mm seulement).

Série secondaire : a11, c9, e8, g5, h7, h5, r6, s6.

Choisir en premier lieu dans la série primaire ; si aucun des arbres de cette série ne peut être retenu, se reporter à la série secondaire, puis à la **série tertiaire.**

d) **MONTAGE DES ROULEMENTS.** Les roulements devant être utilisés tels qu'ils sont livrés par les constructeurs, il faudra choisir l'alésage D et l'arbre d suivant le montage envisagé ; le 1er de ces ajustements sera à « arbre normal », le 2e à « alésage normal ».




**1er Cas :** bague intérieure tournante et bague extérieure fixe par rapport à la direction de la charge (ou direction de la charge indéterminée) ; exemple : palier. Arbres employés : j, k, m, n, p, r, qualités 5 et 6 ; l'ajustement doit être d'autant plus serré que la charge est plus élevée.

Alésages employés : H, J, K, qualités 7 et 8.

**2e Cas :** bague intérieure fixe et bague extérieure tournante par rapport à la direction de la charge ; exemple : poulie folle.

Arbres employés : g et h, qualité 6.

Alésages employés : M, N, P, qualité 7 ; l'ajustement est d'autant plus serré que la charge est plus élevée.

## 8. TABLEAU DES ÉCARTS.

Le tableau ci-contre donne les écarts supérieurs et inférieurs des alésages et arbres des principaux ajustements. Le schéma placé sous le tableau montre comment se placent les arbres par rapport aux alésages et par rapport à la ligne O (écart nul). On voit clairement si on a un ajustement avec jeu, avec serrage ou incertain.

Ce tableau permet de trouver les cotes maximum et minimum, les tolérances, jeux ou serrages, etc.

**Exemple : ∅ 48 H7. f7** (voir fig. 4, page 97).

Le tableau donne les écarts de l'alésage (+ 25 et 0) et de l'arbre (— 25 et — 50). On en déduit :

Cotes limites : alésage : 48 et 48,025 ; arbre : 47,950 et 47,975.

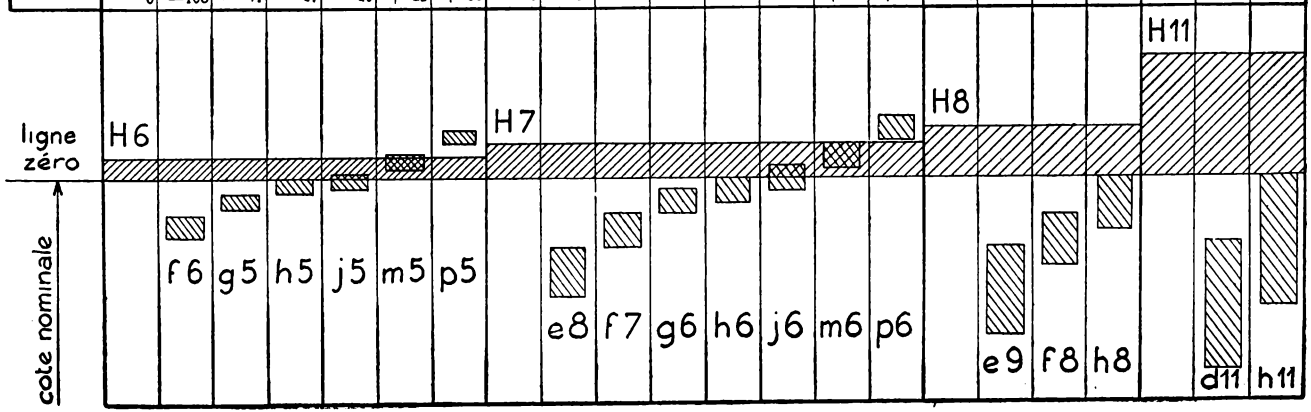
Tolérances : 25 μ pour l'arbre et pour l'alésage.

Jeu maximum : 48,025 — 47,950 = 75 μ.

Jeu minimum : 48 — 47,975 = 25 μ.

## Ajustements recommandés

| Diamètres | H 6 | | | | | | | H 7 | | | | | | | H 8 | | | | H 11 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | H 6 | f 6 | g 5 | h 5 | j 5 | m 5 | p 5 | H 7 | e 8 | f 7 | g 6 | h 6 | j 6 | m 6 | p 6 | H 8 | e 9 | f 8 | h 8 | H 11 | d 11 | h 11 |
| 1 à 3 | + 7<br>0 | — 7<br>— 14 | — 3<br>— 8 | 0<br>— 5 | + 4<br>— 1 | + 7<br>+ 2 | + 14<br>+ 9 | + 9<br>0 | — 14<br>— 28 | — 7<br>— 16 | — 3<br>— 10 | 0<br>— 7 | + 6<br>— 1 | + 9<br>+ 2 | + 16<br>+ 9 | + 14<br>0 | — 14<br>— 39 | — 7<br>— 21 | 0<br>— 14 | + 60<br>0 | — 20<br>— 80 | 0<br>— 60 |
| 3 à 6 | + 8<br>0 | — 10<br>— 18 | — 4<br>— 9 | 0<br>— 5 | + 4<br>— 1 | + 9<br>+ 4 | + 17<br>+ 12 | + 12<br>0 | — 20<br>— 38 | — 10<br>— 22 | — 4<br>— 12 | 0<br>— 8 | + 7<br>— 1 | + 12<br>+ 4 | + 20<br>+ 12 | + 18<br>0 | — 20<br>— 50 | — 10<br>— 28 | 0<br>— 18 | + 75<br>0 | — 30<br>— 105 | 0<br>— 75 |
| 6 à 10 | + 9<br>0 | — 13<br>— 22 | — 5<br>— 11 | 0<br>— 6 | + 4<br>— 2 | + 12<br>+ 6 | + 21<br>+ 15 | + 15<br>0 | — 25<br>— 47 | — 13<br>— 28 | — 5<br>— 14 | 0<br>— 9 | + 7<br>— 2 | + 15<br>+ 6 | + 24<br>+ 15 | + 22<br>0 | — 25<br>— 61 | — 13<br>— 35 | 0<br>— 22 | + 90<br>0 | — 40<br>— 130 | 0<br>— 90 |
| 10 à 18 | + 11<br>0 | — 16<br>— 27 | — 6<br>— 14 | 0<br>— 8 | + 5<br>— 3 | + 15<br>+ 7 | + 26<br>+ 18 | + 18<br>0 | — 32<br>— 59 | — 16<br>— 34 | — 6<br>— 17 | 0<br>— 11 | + 8<br>— 3 | + 18<br>+ 7 | + 29<br>+ 18 | + 27<br>0 | — 32<br>— 75 | — 16<br>— 43 | 0<br>— 27 | + 110<br>0 | — 50<br>— 160 | 0<br>— 110 |
| 18 à 30 | + 13<br>0 | — 20<br>— 33 | — 7<br>— 16 | 0<br>— 9 | + 5<br>— 4 | + 17<br>+ 8 | + 31<br>+ 22 | + 21<br>0 | — 40<br>— 73 | — 20<br>— 41 | — 7<br>— 20 | 0<br>— 13 | + 9<br>— 4 | + 21<br>+ 8 | + 35<br>+ 22 | + 33<br>0 | — 40<br>— 92 | — 20<br>— 53 | 0<br>— 33 | + 130<br>0 | — 65<br>— 195 | 0<br>— 130 |
| 30 à 50 | + 16<br>0 | — 25<br>— 41 | — 9<br>— 20 | 0<br>— 11 | + 6<br>— 5 | + 20<br>+ 9 | + 37<br>+ 26 | + 25<br>0 | — 50<br>— 89 | — 25<br>— 50 | — 9<br>— 25 | 0<br>— 16 | + 11<br>— 5 | + 25<br>+ 9 | + 42<br>+ 26 | + 39<br>0 | — 50<br>— 112 | — 25<br>— 64 | 0<br>— 39 | + 160<br>0 | — 80<br>— 240 | 0<br>— 160 |
| 50 à 80 | + 19<br>0 | — 30<br>— 49 | — 10<br>— 23 | 0<br>— 13 | + 6<br>— 7 | + 24<br>+ 11 | + 45<br>+ 32 | + 30<br>0 | — 60<br>— 106 | — 30<br>— 60 | — 10<br>— 29 | 0<br>— 19 | + 12<br>— 7 | + 30<br>+ 11 | + 51<br>+ 32 | + 46<br>0 | — 60<br>— 134 | — 30<br>— 76 | 0<br>— 46 | + 190<br>0 | + 100<br>— 290 | 0<br>— 190 |
| 80 à 120 | + 22<br>0 | — 36<br>— 58 | — 12<br>— 27 | 0<br>— 15 | + 6<br>— 9 | + 28<br>+ 13 | + 52<br>+ 37 | + 35<br>0 | — 72<br>— 126 | — 36<br>— 71 | — 12<br>— 34 | 0<br>— 22 | + 13<br>— 9 | + 35<br>+ 13 | + 59<br>+ 37 | + 54<br>0 | — 72<br>— 159 | — 36<br>— 90 | 0<br>— 54 | + 220<br>0 | — 120<br>— 340 | 0<br>— 220 |
| 120 à 180 | + 25<br>0 | — 43<br>— 68 | — 14<br>— 32 | 0<br>— 18 | + 7<br>— 11 | + 33<br>+ 15 | + 61<br>+ 43 | + 40<br>0 | — 85<br>— 148 | — 43<br>— 83 | — 14<br>— 39 | 0<br>— 25 | + 14<br>— 11 | + 40<br>+ 15 | + 68<br>+ 43 | + 63<br>0 | — 85<br>— 185 | — 43<br>— 106 | 0<br>— 63 | + 250<br>0 | — 145<br>— 395 | 0<br>— 250 |
| 180 à 250 | + 29<br>0 | — 50<br>— 79 | — 15<br>— 35 | 0<br>— 20 | + 7<br>— 13 | + 37<br>+ 17 | + 70<br>+ 50 | + 46<br>0 | — 100<br>— 172 | — 50<br>— 96 | — 15<br>— 44 | 0<br>— 29 | + 16<br>— 13 | + 46<br>+ 17 | + 79<br>+ 50 | + 72<br>0 | — 100<br>— 215 | — 50<br>— 122 | 0<br>— 72 | + 290<br>0 | — 170<br>— 460 | 0<br>— 290 |
| 250 à 315 | + 32<br>0 | — 56<br>— 88 | — 17<br>— 40 | 0<br>— 23 | + 7<br>— 16 | + 43<br>+ 20 | + 79<br>+ 56 | + 52<br>0 | — 110<br>— 191 | — 56<br>— 108 | — 17<br>— 49 | 0<br>— 32 | + 16<br>— 16 | + 52<br>+ 20 | + 88<br>+ 56 | + 81<br>0 | — 110<br>— 240 | — 56<br>— 137 | 0<br>— 81 | + 320<br>0 | — 190<br>— 510 | 0<br>— 320 |
| 315 à 400 | + 36<br>0 | — 62<br>— 98 | — 18<br>— 43 | 0<br>— 25 | + 7<br>— 18 | + 46<br>+ 21 | + 87<br>+ 62 | + 57<br>0 | — 125<br>— 214 | — 62<br>— 119 | — 18<br>— 54 | 0<br>— 36 | + 18<br>— 18 | + 57<br>+ 21 | + 98<br>+ 62 | + 89<br>0 | — 125<br>— 265 | — 62<br>— 151 | 0<br>— 89 | + 360<br>0 | — 210<br>— 570 | 0<br>— 360 |
| 400 à 500 | + 40<br>0 | — 68<br>— 108 | — 20<br>— 47 | 0<br>— 27 | + 7<br>— 20 | + 50<br>+ 23 | + 95<br>+ 68 | + 63<br>0 | — 135<br>— 232 | — 68<br>— 131 | — 20<br>— 60 | 0<br>— 40 | + 20<br>— 20 | + 63<br>+ 23 | + 108<br>+ 68 | + 97<br>0 | — 135<br>— 290 | — 68<br>— 165 | 0<br>— 97 | + 400<br>0 | — 230<br>— 630 | 0<br>— 400 |



# VIII. - FILETAGES

## 1. DEFINITIONS.

Une **vis** est une tige cylindrique (et quelquefois conique) sur laquelle on a creusé des rainures hélicoïdales laissant en relief le **filet ;** la tige filetée ainsi obtenue se visse dans un trou cylindrique présentant des rainures correspondant aux filets de la vis ; on dit que le **trou** est **taraudé.** Un **écrou** est une pièce présentant un trou taraudé et se vissant sur une tige filetée ; l'ensemble d'une tige filetée présentant une tête et d'un écrou constitue un **boulon.**

## 2. CARACTERISTIQUES D'UN FILETAGE.

a) **Diamètre du cylindre initial :** C'est le diamètre nominal.

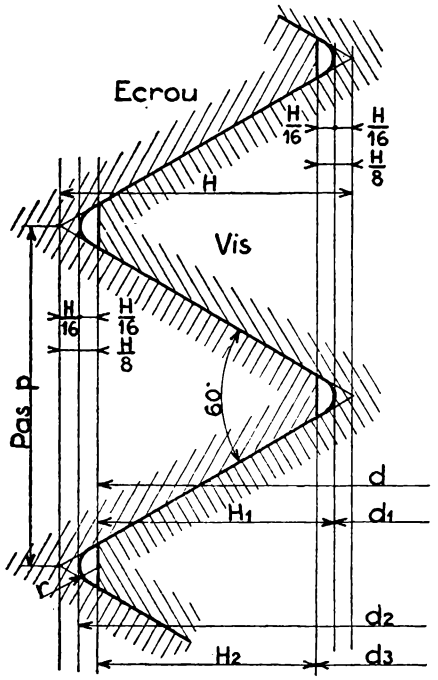
b) **Caractéristiques de la rainure :** Forme et dimensions de la section de la rainure hélicoïdale ; nombre de filets sur une longueur de un pas.

c) **Caractéristiques de l'hélice :** Pas et sens de l'enroulement (voir page 20).

## 3. FILET TRIANGULAIRE.

Le filet S.I., défini par le Congrès de Zurich en 1898 et utilisé en France et dans de nombreux pays pour les vis, boulons, écrous, etc., est remplacé, depuis février 1959, par le filet I.S.O. Le remplacement ne pouvant se faire que progressivement, nous rappellerons la forme du filet S.I. avant d'étudier le filet I.S.O.

a) **Filet S.I. :** La section génératrice théorique est un triangle équilatéral de côté égal au pas ; ce triangle est tronqué de 1/8 de sa hauteur au sommet, et de 1/16 de sa hauteur à sa base ; le fond de la rainure est généralement arrondi (voir fig. ci-dessous).




Hauteur théorique du filet : H

$$H = \frac{p \times \sqrt{3}}{2} = 0{,}866\,p.$$

Hauteur réelle du filet : $H_1$

$$H_1 = H - \frac{H}{8} + \frac{H}{16} = \frac{13H}{16} = 0{,}7p.$$

Hauteur de filet en contact : $H_2$

$$H_2 = H - \frac{2H}{8} = \frac{3H}{4}.$$

Diamètre nominal : d

Diamètre du noyau de la vis : $d_1$

$$d_1 = d - 2H_1 = d - 1{,}4p.$$

Diam. à fond de filets de l'écrou : $d_2$

$$d_2 = d + \frac{2H}{16} = d + 0{,}1p.$$

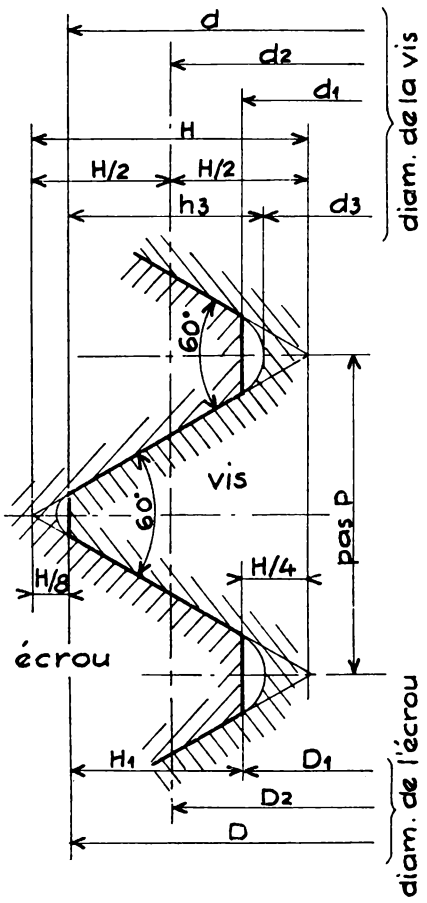
Diamètre intérieur de l'écrou $d_3$

$$d_3 = d - 2H_2 = d - 1{,}3p.$$

Rayon de l'arrondi : $r = \frac{H}{16} = 0{,}054\,p.$

b) **Filet I.S.O.** (NF. E. 03.001) : La section génératrice est encore un triangle équilatéral de côté égal au pas, comme dans le filet S.I. ; la troncature au sommet des filets de la vis est encore égale à H/8, mais la troncature au sommet des filets de l'écrou a été portée de H/8 à H/4 ; d'où possibilité d'augmenter le diamètre du noyau de la vis. Les profils de la vis et de l'écrou sont alors définis par le tracé en trait fort de la figure ci-dessous.

Par ailleurs, la forme, généralement arrondie, et la profondeur du vide à fond de filet de la vis et de l'écrou ne sont pas imposées ; sur la figure, extraite des normes, la troncature à fond de filet de la vis est de H/6 et le rayon de l'arrondi également de H/6.




Hauteur théorique du filet :

$$H = \frac{P\sqrt{3}}{2} = 0{,}866\ P$$

Hauteur du filet en contact :

$$H_1 = H - \left(\frac{H}{4} + \frac{H}{8}\right) = \frac{5H}{8} = 0{,}5412\ P$$

Hauteur du filet de la vis :

$$h_3 = H - \left(\frac{H}{8} + \frac{H}{6}\right) = \frac{17H}{24} = 0{,}6134\ P$$

Diamètre nominal : $D = d$.

Diamètre moyen :

$$D_2 = d_2 = d - 2\left(\frac{H}{2} - \frac{H}{8}\right) = d - \frac{3H}{4}$$

Diamètre intérieur de l'écrou :

$$D_1 = d_1 = d - 2H_1 = d - \frac{5H}{4}$$

Diamètre du noyau de la vis :

$$d_3 = d - 2h_3 = d - \frac{17H}{12}$$

c) **Filetages métriques à filet triangulaire** (NF. E. 03.013).

1. **Diamètres.** Les diamètres nominaux vont de 0,25 à 300 mm ; le tableau suivant n'en donne qu'un extrait. Choisir de préférence les diamètres de la première colonne, puis ceux de la deuxième, enfin ceux de la troisième.
2. **Pas.** Pour un diamètre donné, choisir de préference le pas gros correspondant, ou à défaut le plus fort pas fin de la ligne correspondante.
3. **Profil :** ISO.
4. **Désignation :** symbole M (au lieu de SI), suivi du diamètre et du pas, séparés par le signe x. Pour des filetages à pas gros, on peut se dispenser d'indiquer le pas si aucune confusion n'est à craindre. Ex. : M 30 x 3,5 ou M 30.
5. **Section du noyau de la vis :** le tableau suivant donne la section du noyau de la vis, calculée à partir du diamètre d3 à fond de filet de la vis, compte non tenu des tolérances de fabrication.

**Filetages métriques (extrait)**

| Diamètre nominal | | | Pas gros | | Pas fin | Diamètre nominal | | | Pas gros | | Pas fin |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| col. 1 | col. 2 | col. 3 | Pas | Section du noyau | | col. 1 | col. 2 | col. 3 | Pas | Section du noyau | |
| 3 | — | — | 0,5 | 4,47 | 0,35 | — | — | 32 | — | — | 1,5-2 |
| — | 3,5 | — | 0,6 | 6,00 | 0,35 | — | 33 | — | 3,5 | 647 | 1,5-2-3 |
| 4 | — | — | 0,7 | 7,75 | 0,50 | — | — | 35 | — | — | 1,5 |
| — | 4,5 | — | 0,75 | 10,1 | 0,50 | 36 | — | — | 4 | 759 | 1,5-2-3 |
| 5 | — | — | 0,8 | 12,7 | 0,50 | — | 39 | — | 4 | 913 | 1,5-2-3 |
| — | — | 5,5 | — | — | 0,50 | — | — | 40 | — | — | 1,5-2-3 |
| 6 | — | — | 1 | 17,9 | 0,75 | 42 | — | — | 4,5 | 1050 | 1,5-2-3-4 |
| — | — | 7 | 1 | 26,1 | 0,75 | — | 45 | — | 4,5 | 1220 | 1,5 à 4 |
| 8 | — | — | 1,25 | 32,9 | 0,75-1 | 48 | — | — | 5 | 1380 | 1,5 à 4 |
| — | — | 9 | 1,25 | 43,8 | 0,75-1 | — | — | 50 | — | — | 1,5 à 3 |
| 10 | — | — | 1,5 | 52,3 | 0,75-1-1,25 | — | 52 | — | 5 | 1650 | 1,5 à 4 |
| — | — | 11 | 1,5 | 65,9 | 0,75-1 | — | — | 55 | — | — | 1,5 à 4 |
| 12 | — | — | 1,75 | 76,2 | 1-1,25-1,5 | 56 | — | — | 5,5 | 1910 | 1,5 à 4 |
| — | 14 | — | 2 | 105 | 1-1,25-1,5 | — | — | 58 | — | — | 1,5 à 4 |
| — | — | 15 | — | — | 1-1,5 | — | 60 | — | 5,5 | 2230 | 1,5 à 4 |
| 16 | — | — | 2 | 144 | 1-1,5 | — | — | 62 | — | — | 1,5 à 4 |
| — | — | 17 | — | — | 1-1,5 | 64 | — | — | 6 | 2520 | 1,5 à 4 |
| — | 18 | — | 2,5 | 175 | 1-1,5-2 | — | — | 65 | | | 1,5 à 4 |
| 20 | — | — | 2,5 | 225 | 1-1,5-2 | — | 68 | — | 6 | 2890 | 1,5 à 4 |
| — | 22 | — | 2,5 | 281 | 1-1,5-2 | — | — | 70 | — | — | 1,5 à 6 |
| 24 | — | — | 3 | 324 | 1-1,5-2 | 72 | — | — | — | — | 1,5 à 6 |
| — | — | 25 | — | — | 1-1,5-2 | — | — | 75 | — | — | 1,5 à 6 |
| — | 27 | — | 3 | 427 | 1-1,5-2 | — | 76 | — | — | — | 1,5 à 6 |
| — | — | 28 | — | — | 1-1,5-2 | 80 | — | — | — | — | 1,5 à 6 |
| 30 | — | — | 3,5 | 519 | 1-1,5-2-3 | | | | | | |

d) **Filetages pour boulonnerie** (NF. E. 03.014).

1. **Diamètres :** vont de 0,25 à 39 mm ; le tableau suivant n'en donne qu'un extrait. Prendre de préférence les diamètres de la première colonne, puis ceux de la deuxième ; éviter autant que possible ceux de la troisième colonne. Au-delà du diamètre 39, choisir les filetages dans la norme NF. E. 03.013 avec pas gros jusqu'à 60 et pas fin de 6 au-delà de 60. Noter la suppression des diamètres 9 et 11 de l'ancienne série SI.

2. **Pas :** deux pas sont prévus à partir du diamètre 8 : pas gros et pas fin.

3. **Profil :** ISO.

4. **Désignation.** Filetage à gros pas : lettre M suivie du diamètre. Ex. : M 8.
Filetage à pas fin : lettre M suivie du diamètre et du pas. Ex. : M 8 x 1.

**Filetages pour boulonnerie (extrait)**

| Diamètre nominal | | | Pas | | Diamètre nominal | | | Pas | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Col. 1 | Col. 2 | Col. 3 | Gros | Fin | Col. 1 | Col. 2 | Col. 3 | Gros | Fin |
| 3 | — | — | 0,5 | | 16 | — | — | 2 | 1,5 |
| — | — | 3,5 | 0,6 | | — | 18 | — | 2,5 | 1,5 |
| 4 | — | — | 0,7 | | 20 | — | — | 2,5 | 1,5 |
| — | — | 4,5 | 0,75 | | — | 22 | — | 2,5 | 1,5 |
| 5 | — | — | 0,8 | | 24 | — | — | 3 | 2 |
| 6 | — | — | 1 | | — | 27 | — | 3 | 2 |
| — | — | 7 | 1 | | 30 | — | — | 3,5 | 2 |
| 8 | — | — | 1,25 | 1 | — | 33 | — | 3,5 | 2 |
| 10 | — | — | 1,50 | 1,25 | 36 | — | — | 4 | 3 |
| 12 | — | — | 1,75 | 1.25 | — | 39 | — | 4 | 3 |
| — | 14 | — | 2 | 1,5 | | | | | |

**4. FILET WHITWORTH.** C'est le filet adopté en Angleterre pour les vis, boulons, écrous, etc. ; il est employé en France pour les filetages sur tubes au « pas du gaz » (E. 03.004).

a) **Forme du filet** (fig. 1). Section génératrice : triangle isocèle ; angle au sommet : 55° ; troncature : H/6 au sommet et à la base ; angles arrondis.

b) **Diamètre et pas.** Le diamètre nominal est exprimé en pouces (1 pouce = 25,4 mm), le pas est indiqué par le nombre de filets sur une longueur de 1 pouce. Voir, page suivante, le tableau donnant quelques diamètres et pas Whitworth.

**Remarque :** le pas du gaz est un filet Whitworth à pas fin (voir page 150).

**5. FILET TRAPEZOIDAL** (E. 03.002).

a) **Forme du filet** (fig. 2). La section génératrice est un trapèze isocèle dont l'angle des côtés non parallèles vaut 30°.

b) **Diamètres et pas.** Choisir le diamètre nominal dans la série des filetages métriques (p. 104) ; prendre le pas le plus grand possible, sans dépasser la valeur 0,25 d.

c) **Emploi.** Il est résistant et d'exécution facile ; il remplace avantageusement le filet carré pour les vis de transformation de mouvement. Exemple d'emplois recommandés :

Pas de 2, 5, 10 : vis de machines comportant des cadrans gradués.
Pas de 3, 6, 12 : autres applications, et en particulier vis-mères de tours.
Pas de 4, 8, 16 : emploi exceptionnel.

**6. FILET ROND** (E. 03.003).

a) **Forme du filet** (fig. 3). La section génératrice est un trapèze isocèle à sommets arrondis ; l'angle des côtés non parallèles est de 30°.

b) **Diamètres et pas.** Choisir de préférence le diamètre dans la série des filetages métriques (p. 104) ; prendre pour le pas un nombre entier de mm, avec préférence pour les pas de 2, 3. 4, 6.

c) **Emploi.** L'absence d'arêtes vives augmente sa résistance ; d'où son emploi pour les pièces soumises à des chocs ; exemple : vis de tendeur d'attelage de wagon.

**7. FILET CARRE** (n'est pas normalisé)

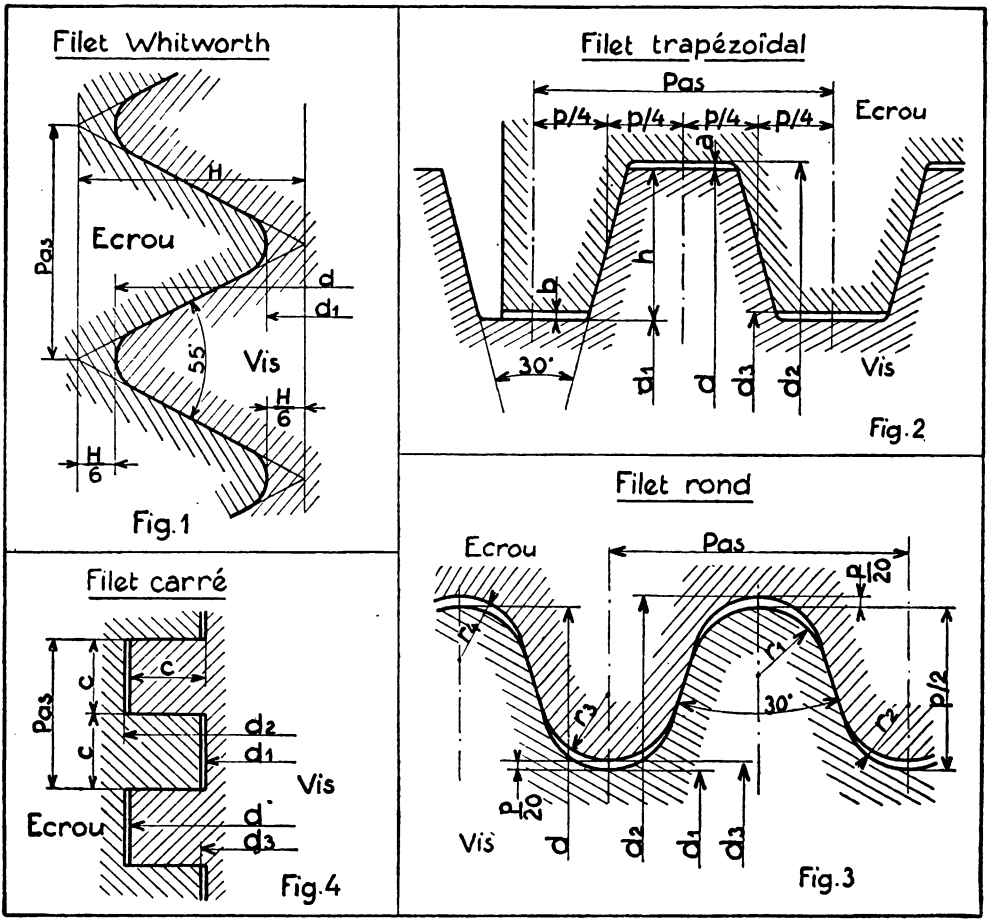
a) **Forme du filet.** La section génératrice est un carré dont le côté est égal au demi-pas (fig. 4, page 107).

b) **Diamètre et pas.** Choisir de préférence le diamètre dans la série des filetages métriques (p. 104) ; le pas, choisi arbitrairement, est habituellement compris entre 1/4 et 1/5 du diamètre nominal.

c) **Emploi :** vis de transformation de mouvement ; remplacé de plus en plus par le filet trapézoïdal.

**8. REPRESENTATION DES FILETAGES** (PN. E. 04.012).

1. **Filetages vus** (tige filetée en vue extérieure et trou taraudé coupé).
Dessiner le cylindre passant par le sommet des filets en trait continu




**Filet Whitworth**

| Diamètres | | Pas | |
|---|---|---|---|
| En pouces | En mm. | Nombre de filets au pouce | En mm. |
| 1/4 | 6,35 | 20 | 1,27 |
| 3/8 | 9,52 | 16 | 1,59 |
| 1/2 | 12,70 | 12 | 2,12 |
| 3/4 | 19,05 | 10 | 2,54 |
| 1 | 25,40 | 8 | 3,17 |
| 1 1/2 | 38,10 | 6 | 4,23 |
| 2 | 50,80 | 4,5 | 5,64 |
| 3 | 76,20 | 3,5 | 7,26 |
| 4 | 101,60 | 3 | 8,47 |
| 5 | 127 | 2,75 | 9,28 |

**Filet Trapézoïdal**

| Pas | h | a | b |
|---|---|---|---|
| 2 | 1,20 | 0,20 | 0,30 |
| 3 | 1,75 | 0,25 | 0,50 |
| 4 | 2,25 | 0,25 | 0,50 |
| 5 | 2,75 | 0,25 | 0,75 |
| 6 | 3,25 | 0,25 | 0,75 |
| 8 | 4,25 | 0,25 | 0,75 |
| 10 | 5,25 | 0,25 | 0,75 |
| 12 | 6,25 | 0,25 | 0,75 |
| 16 | 8,50 | 0,50 | 1,50 |
| 20 | 10,50 | 0,50 | 1,50 |

fort, comme une pièce non filetée (diamètre d pour la vis ; 0,8 d pour l'écrou).
Dessiner le cylindre à fond de filet en trait continu fin (diamètre 0,8 d pour la vis, d pour l'écrou).
Indiquer la limite du filetage par un trait continu fort perpendiculaire à l'axe et de longueur d.
Les filets incomplètement formés, figurés par le cône à fond de filets, peuvent être supprimés si aucune confusion n'est à craindre.
Faire le chanfrein terminal incliné à 45° $\pm$ 15°, d'une hauteur d/10 environ.
Filetage coupé : limiter les hachures au trait continu fort.
Filetage vu en bout : faire le cylindre à fond de filets en trait continu fin, sur les 3/4 de la circonférence environ ; ne pas dessiner le chanfrein vu en bout. Applications : tige filetée (fig. 1) ; trou taraudé (fig. 2).

2. **Filetages cachés :** les cylindres passant par le sommet et le fond du filet sont tous deux représentés en trait interrompu court moyen (fig. 3, 4 et 6).
3. **Assemblage vis-écrou :** le dessin de la vis l'emporte sur celui du trou taraudé (fig. 5).
4. **Autres filets.** Cette représentation s'applique à tous les types de filetages ; le dessin doit donc comporter des indications permettant l'identification du filetage (forme, diamètre, pas) ; dans le cas de filetages non normalisés, un dessin de détail doit donner la section du filet.
5. **Cotation.** En principe, pour identifier complètement un filetage, il faut donner le diamètre nominal (diamètre extérieur de la vis), la forme du filet, le pas, le nombre de filets par pas, le sens de l'hélice.
Le diamètre nominal est toujours donné.
La forme du filet est indiquée conventionnellement pour les filetages normalisés :
M pour le filetage métrique ISO. Ex. : M 30.
SI pour le filetage système international. Ex. : 27 SI.
Tr pour le filet trapézoïdal. Ex. : Tr 36 $\times$ 6.
Rd pour le filet rond. Ex. : Rd 24 $\times$ 3.
G pour le filetage « Gaz ». Ex. : G 2 1/2 conique.
Le pas n'est donné, pour les filetages M et SI, que s'il est fin. Exemple : M 30 $\times$ 2 ; 48 pas 2 SI.
Le nombre de filets n'est donné que s'il n'est pas égal à 1. Exemple : Tr 36 $\times$ 3 à deux filets, pas 6.
Le sens de l'hélice n'est donné que s'il est à gauche ; sauf indication, le filetage est à droite. Ex. : M 30 à gauche.

**Remarques.**

1. Vis filetées sur toute leur longueur : prévoir une gorge de dégagement dont le diamètre au fond est égal au diamètre à fond de filet (fig. 7).
2. Repérage des pièces filetées à gauche : fig. 8 et 9.

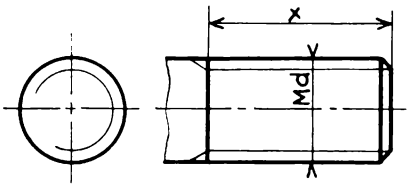



Fig.1

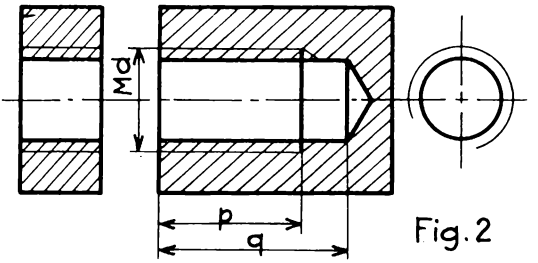



Fig.2

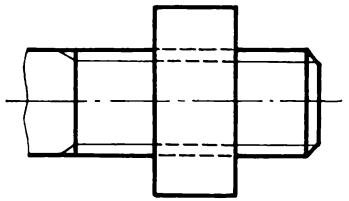


Fig.3

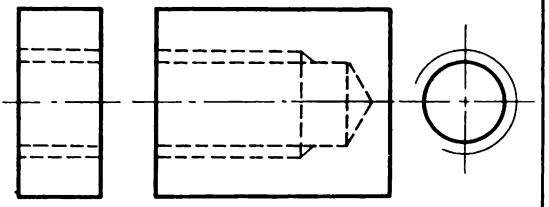


Fig.4

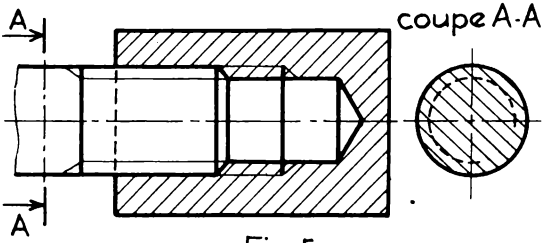



Fig.5

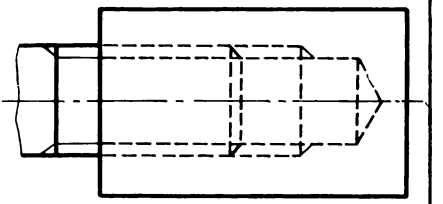


Fig.6

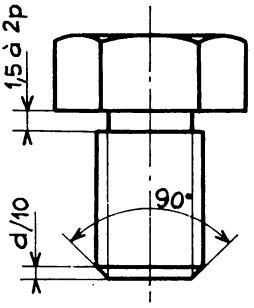



Fig.7

Pièces filetées à gauche

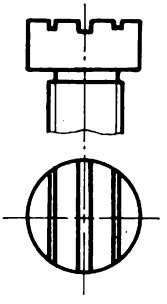


Fig.8

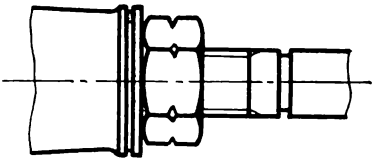


Fig.9

# IX. - ENGRENAGES

**But des engrenages :** Transmettre un mouvement de rotation entre deux arbres, avec rapport de vitesses constant.

**Rapport des vitesses angulaires :** Il est égal au rapport inverse du nombre de dents, ou au rapport inverse des diamètres primitifs.

**Classification.**

Arbres parallèles : engrenages cylindriques, droits ou hélicoïdaux.
Arbres concourants : engrenages coniques.
Arbres non situés dans le même plan : engrenages hélicoïdaux, roue et vis sans fin.

## 1. Engrenages cylindriques droits

**1. DEFINITIONS** (E. 23.001).

**Cylindres primitifs** de deux roues en prise : cylindres de friction donnant le même rapport de vitesses ; les cylindres primitifs sont tangents l'un à l'autre.

**Cylindre de tête :** cylindre passant par le sommet des dents.

**Cylindre de pied :** cylindre passant par le pied des dents.
Les diamètres de base de ces cylindres sont appelés **diamètre primitif, diamètre de tête, diamètre de pied.**

**Module :** unité exprimée en millimètres en fonction de laquelle sont calculés tous les éléments de la denture ; c'est le quotient du diamètre primitif par le nombre de dents. $M = \frac{Dp}{N}$.

**Pas au primitif :** longueur de l'arc AB de la circonférence primitive comprenant une dent et un intervalle **(fig. 2).**
Relation entre le pas et le module :
Longueur de circonférence primitive $=$ Pas $\times$ N $=$ $\pi \times$ Dp.
D'où Pas $= \frac{\pi \times Dp}{N} = M \times \pi$.

**Hauteur de la dent :** différence entre le rayon du cercle de tête et le rayon du cercle de pied ; il est formé de la **saillie** s et du **creux** t.

**Largeur de denture :** longueur l de la dent.

**Ligne d'action :** ligne sur laquelle se déplace le point de contact des dents de deux roues en prise ; c'est la normale au profil de la dent tracée par le point de rencontre de celle-ci avec la circonférence primitive. La poussée d'une dent sur la dent voisine de l'autre roue s'exerce suivant la ligne d'action.

**Angle de pression :** angle aigu $\alpha$ formé par la ligne d'action et la tangente à la circonférence primitive.

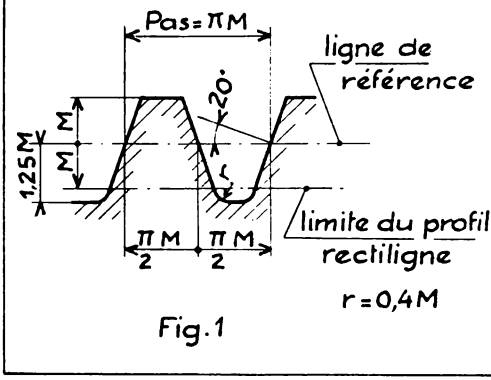



Fig.1

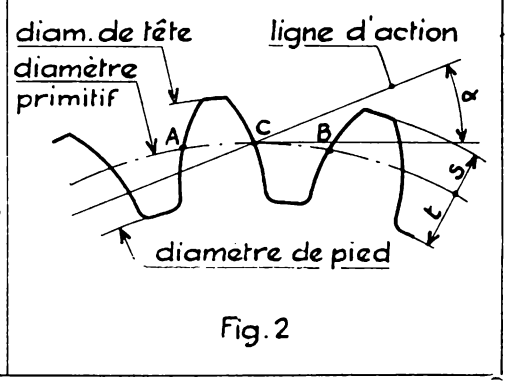



Fig.2

## 2. NORMALISATION DES ENGRENAGES (E. 23.011).

Le but de cette normalisation est de rendre les engrenages interchangeables : deux roues normalisées de même module engrènent entre elles quels que soient leurs nombres de dents et leurs diamètres.

a) **Tracé de référence :** c'est la section droite de la crémaillère génératrice ; ce tracé est à profil rectiligne (fig. 1) ; il est caractérisé par :

angle de pression de 20° ;
saillie égale au module ;
creux égal à 1,25 module ;
rayon de l'arrondi au fond des entre-dents : 0,4 module au maximum.

b) **Profil des dents de la roue :** c'est un arc de développante de cercle (voir p. 21). La denture est dite « normale » si la ligne de référence de la crémaillère est tangente au cylindre primitif de la roue, « déportée » si elle n'est pas tangente à ce cylindre.

Dimensions des dents de la denture normale (fig. 2) :

Saillie s = 1 module.
Creux t = 1,25 module.
Epaisseur de la dent AC = largeur du creux CB = demi-pas au primitif ou $\frac{M\pi}{2}$.

c) **Modules.** La série des modules normalisés comprend une série principale (en caractères gras), une série secondaire, une série de valeurs exceptionnelles (entre parenthèses).

**0,5** - 0,55 - **0,6** - 0,7 - (0,75) - **0,8** - 0,9 - **1** - 1,125 - **1,25** - 1,375 - **1,5** - 1,75 - **2** - 2,25 - **2,5** - 2,75 - **3** - (3,25) - 3,5 - (3,75) - **4** - 4,5 - **5** - 5,5 - **6** - (6,5) - 7 - **8** - 9 - **10** - 11 - **12** - 14 - **16** - 18 - **20** - 22 - **25**

**3. CALCUL DES ELEMENTS DE LA DENTURE** (denture normale).

**Données.** Module M (calculé en fonction de l'effort à transmettre, de la résistance de la matière constitutive et de la longueur de denture). Nombre de dents N (calculé en fonction du rapport de vitesses à réaliser).

**Calcul.** Saillie $s = M$.

Creux $t = 1{,}25\ M$.

Hauteur $h = 2{,}25\ M$.

Diamètre primitif $Dp = M \times N$.

Diamètre de tête $D_1 = Dp + 2M = M\ (N + 2)$.

Diamètre de pied $D_2 = Dp - 2{,}5\ M = M\ (N - 2{,}5)$.

Pas au primitif $P = M \times \pi$.

Epaisseur de la dent : $\frac{M\pi}{2}$ (pour roues taillées).

Distance d'axes de 2 roues en prise : $\frac{MN_1}{2} + \frac{MN_2}{2} = \frac{M}{2}(N_1 + N_2)$.

**Choix de la fraise.** On utilise un jeu de huit fraises par module.

| N° de la fraise | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nombre de dents | 12 et 13 | 14 à 16 | 17 à 20 | 21 à 25 | 26 à 34 | 35 à 54 | 55 à 134 | au-delà de 134 |

Au-dessus du module 10, on utilise fréquemment un jeu de quinze fraises par module.

**4. REPRESENTATION DES ENGRENAGES.**

a) **PRINCIPE DU TRACE DU PROFIL DES DENTS.**

1. **Crémaillère** (fig. 1). Le profil est rectiligne, incliné à 70° (complément de l'angle de pression) ; d'où le tracé suivant :
   — Tracer la ligne primitive, les lignes de tête et de pied ;
   — Porter des longueurs AB, BC, CD..., etc. = 1/2 pas ;
   — Tracer par les points de division des droites inclinées à 70° par rapport à l'horizontale.
2. **Roue dentée** (fig. 2). Le profil est un arc de développante de cercle, obtenu en faisant rouler sans glisser la ligne d'action sur la circonférence de base ; celle-ci est concentrique à la circonférence primitive et tangente à la ligne d'action.
   D'où le tracé suivant :
   — Tracer les circonférences primitive, de tête et de pied.
   — Tracer la ligne d'action (angle de pression : 20°).
   — Abaisser la perpendiculaire OH sur la ligne d'action et tracer la circonférence de base, de centre O, de rayon OH.
   — Faire rouler la ligne d'action sur la circonférence de base ; le point A décrit une développante de cercle qui est le profil de la dent passant par A.

**Remarque.** En dessin, pour représenter quelques dents, on peut remplacer la développante par un arc de cercle de centre H, de rayon HA.

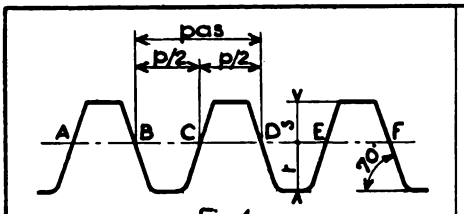


Fig.1

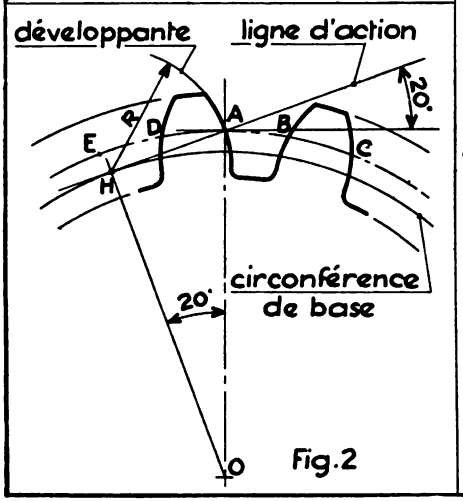


Fig.2

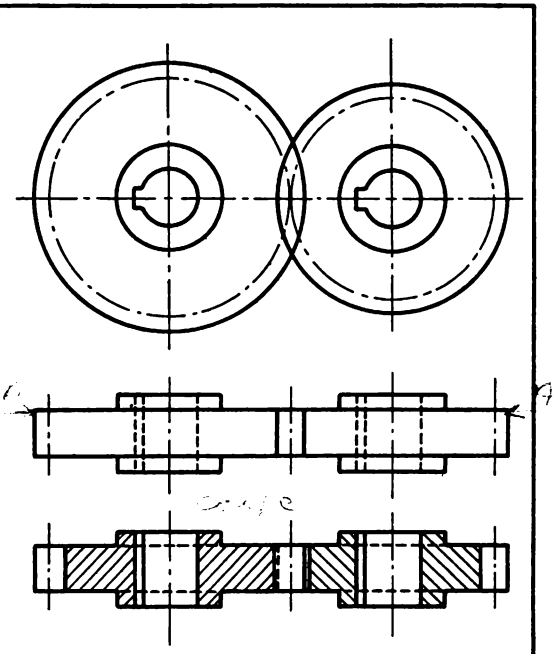


Fig.3

b) **REPRESENTATION SIMPLIFIEE** (NF. E. 04.113).

1. **Vue de face.** Ne pas représenter la denture, sauf cas exceptionnel (extrémité d'un secteur denté ou d'une crémaillère, par exemple) ; utiliser dans ce cas, de préférence, le trait continu fin. Représenter la roue comme une pièce pleine non dentée, avec tracé de la surface primitive en trait mixte fin (fig. 3). Ne pas représenter la surface de pied, sauf cas exceptionnel ; utiliser alors le trait continu fin.
2. **Projection parallèle à l'axe.** Ne pas représenter la denture. Représenter la roue comme une pièce pleine non dentée, avec tracé de la surface primitive en trait mixte fin (fig. 3). Ne pas représenter la surface de pied, sauf cas exceptionnel ; utiliser alors le trait interrompu court moyen (contour caché).
3. **Coupe axiale.** Faire la coupe comme s'il s'agissait d'une roue à denture droite ayant deux dents diamétralement opposées, représentées non coupées ; tracer la surface primitive en trait mixte fin (fig. 3).
4. **Dessin de deux roues en prise.** En vue de face et projection parallèle à l'axe, représenter chacune des roues comme si elle était seule. En coupe axiale, la dent de l'une des roues, arbitrairement choisie, est supposée cachée par celle de l'autre roue (fig. 3).
5. **Dessins simplifiés et schémas.** Voir pages 121 et 122.

c) **COTATION DE LA DENTURE :** module, nombre de dents, diamètres primitif et de tête.

## 2. Engrenages cylindriques hélicoïdaux

Les engrenages cylindriques à denture hélicoïdale permettent de réunir deux arbres parallèles, ou orthogonaux, ou même formant un angle quelconque.

**1. DEFINITIONS** (E. 23.002). Dans ces engrenages, les dents sont enroulées en hélice autour de la jante.

**Hélice primitive :** Intersection de la surface active des dents par le cylindre primitif. Cette hélice est « à droite » ou « à gauche ».

**Inclinaison de la denture :** C'est l'angle aigu $\alpha$ formé par une tangente à l'hélice primitive avec une génératrice du cylindre primitif (fig. 1).

**Profil apparent :** Celui que l'on voit sur la face de la roue dentée, ou que l'on obtient par une section perpendiculaire à l'axe du cylindre (voir coupe AA, fig. 1). Le pas au primitif de ce profil s'appelle *pas apparent ;* le module correspondant est le *module apparent ;* celui-ci est égal au quotient du diamètre primitif par le nombre de dents. On a donc les relations :

Diamètre primitif = Module apparent × Nombre de dents.

Pas apparent = Module apparent × $\pi$.

**Pas réel :** Mesuré perpendiculairement à l'hélice primitive (coupe XX, fig. 1) ; le module correspondant est le *module réel.* Entre ces deux quantités, on a la relation : Pas réel = Module réel × $\pi$.

D'autre part, le pas réel étant la projection du pas apparent, on a :

$Pr = Pa \times \cos. \alpha$.

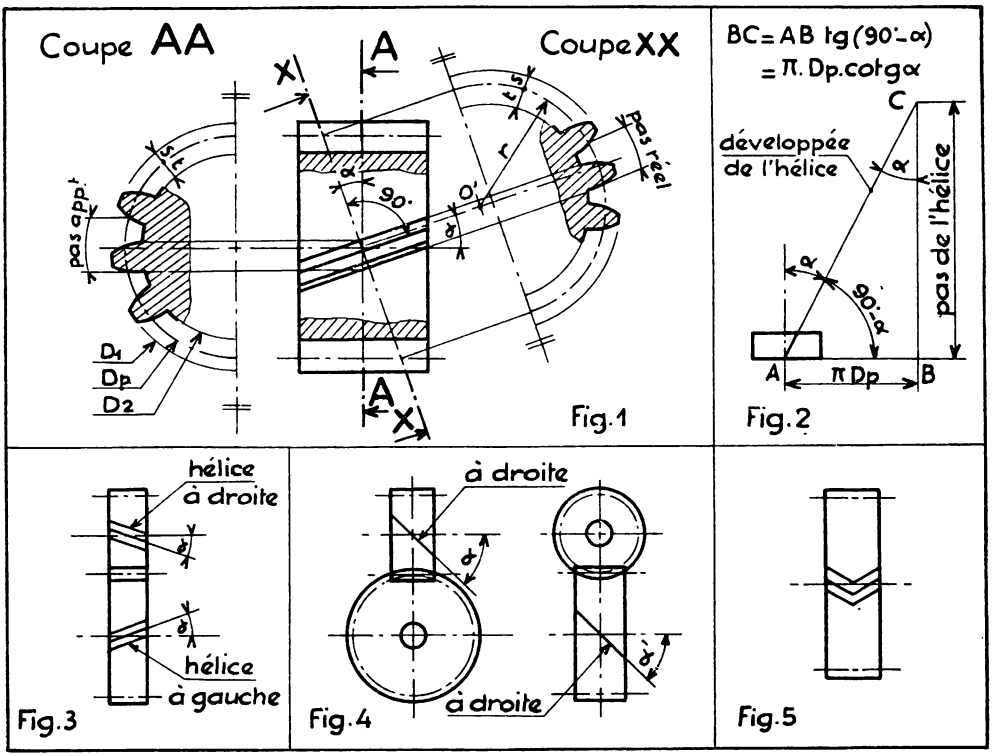
**2. CALCUL DES ELEMENTS DE LA DENTURE.**

**Données.** Module réel Mr choisi parmi les modules normalisés.
Nombre de dents N.
Inclinaison de la denture $\alpha$.
Sens de l'hélice.

**Calcul.**

| | | |
|---|---|---|
| Module apparent ..... | Ma | $= \dfrac{Mr}{\cos. \alpha}$. |
| Pas réel ..... | Pr | $= Mr \times \pi$. |
| Pas apparent ..... | Pa | $= Ma \times \pi = \dfrac{Mr \times \pi}{\cos. \alpha}$. |
| Saillie ..... | s | $= Mr$. |
| Creux ..... | t | $= 1{,}25\ Mr$. |
| Hauteur de la dent ..... | h | $= 2{,}25\ Mr$. |
| Diamètre primitif ..... | Dp | $= Ma \times N = \dfrac{Mr \times N}{\cos. \alpha}$. |
| Diamètre de tête ..... | $D_1$ | $= Dp + 2\ Mr$. |
| Diamètre de pied ..... | $D_2$ | $= Dp - 2{,}5\ Mr$. |
| Pas de l'hélice (fig. 2) ... | Pas | $= \pi Dp \times \text{cotg. } \alpha$. |
| Distance d'axes ..... | d | = Somme des rayons primitifs. |

**Choix de la fraise.** Dans le cas de taillage par fraise, celle-ci doit être choisie d'après un nombre de dents fictif, correspondant au rayon de courbure r de la section du cylindre primitif, par un plan perpendiculaire à la denture (coupe XX, fig. 1). On démontre que $N_1 = \dfrac{N}{\cos.^3 \alpha}$




## 3. RELATION ENTRE LES ELEMENTS DE DEUX ROUES EN PRISE.

a) **Roues à axes parallèles** (fig. 3).
Même pas réel, donc même module réel.
Même inclinaison de la denture (angle faible, voisin de 20°).
Même pas apparent, même module apparent.
Hélices de sens contraire.

b) **Roues à axes orthogonaux** (fig. 4).
Même pas réel, même module réel.
Inclinaisons complémentaires ($\alpha + \alpha' = 90°$) ; le plus souvent, $\alpha = \alpha' = 45°$.
Hélices de même sens.
Pas apparents et modules apparents égaux si $\alpha = \alpha'$.

**4. DESSIN.** Mêmes conventions que pour les engrenages cylindriques droits. En projection parallèle à l'axe, indiquer, s'il y a lieu, le sens d'une denture hélicoïdale ou en chevron par un signe rappelant la forme de cette denture (fig. 3 à 5). Exemples : voir page 122.

**Cotes.** Coter les diamètres primitifs, diamètres de tête, distance d'axes. Faire un tableau indiquant : module réel, module apparent, nombre de dents, inclinaison et sens de l'hélice, pas de l'hélice.

**Remarque.** Les engrenages à denture hélicoïdale donnent lieu à une poussée axiale nécessitant l'emploi de butées ; on peut la supprimer par l'emploi d'engrenages à chevrons (fig. 5).

# 3. Engrenages coniques

**1. DEFINITIONS** (E. 23.003).

**Cônes primitifs :** Cônes des roues de friction donnant le même rapport de vitesses ; chacun de ces cônes est caractérisé par le **diamètre primitif** Dp (diamètre de la base du cône primitif), l'**angle primitif** $\alpha$ (demi-angle au sommet), et la **longueur de génératrice** L.

**Cône complémentaire :** Cône dont les génératrices O'A et O'A' sont normales aux génératrices du cône primitif.

**Cône de tête :** Cône passant par le sommet des dents ; le demi-angle au sommet est l'**angle de tête** $\beta$ ; le diamètre de la base est le **diamètre de tête.**

**Cône de pied :** Cône passant par le fond des entre-dents ; le demi-angle au sommet est l'**angle de pied** $\gamma$.

**Largeur de denture** l : Longueur de la dent mesurée suivant une génératrice du cône primitif.

**Module** M : Quotient du diamètre primitif par le nombre de dents ; il est pris dans la série des modules normalisés.

**Saillie** s : Mesurée sur la génératrice du cône complémentaire ; on prend $s = M$, comme dans les engrenages cylindriques.

**Angle de saillie** i : Différence entre l'angle de tête et l'angle primitif.

**Creux** t : Mesuré sur la génératrice du cône complémentaire ; on prend $t = 1{,}25\ M$, comme dans les engrenages cylindriques.

**Angle de creux** i' : Différence entre l'angle primitif et l'angle de pied.

**2. CALCUL DES ELEMENTS DE LA DENTURE.**

Nous n'étudierons que les engrenages coniques dont les axes sont perpendiculaires.

**Données.**

Module commun M (calculé en fonction de l'effort à transmettre).
Nombres de dents $N_1$ et $N_2$ (calculés en fonction du rapport des vitesses).
Longueur de denture commune l.

**Calcul.**

Diamètres primitifs ..... $D_1 = MN_1$ et $D_2 = MN_2$.

Angles primitifs ..... $\text{tg. } \alpha_1 = \dfrac{N_1}{N_2}$ et $\text{tg. } \alpha_2 = \dfrac{N_2}{N_1}$

De plus, $\alpha_1 + \alpha_2 = 90°$.

Angle de saillie (commun) .. $\text{tg. } i = \dfrac{M}{L}$ et $L = \dfrac{D_1}{2 \sin. \alpha_1}$

D'où $\text{tg. } i = \dfrac{2 \sin. \alpha_1}{N_1}$

Angle de creux (commun) . $\text{tg. } i' = \dfrac{1{,}25\ M}{L} = \dfrac{2{,}5 \sin. \alpha_1}{N_1}$

Angle de tête ..... $\beta_1 = \alpha_1 + i$ et $\beta_2 = \alpha_2 + i$.

Angle de pied ..... $\gamma_1 = \alpha_1 - i'$ et $\gamma_2 = \alpha_2 - i'$.

Diamètres de tête ..... $D_1 + 2\ M \cos. \alpha_1$ et $D_2 + 2\ M \cos. \alpha_2$.

**3. DESSIN.** Mêmes conventions que pour les engrenages cylindriques droits. Exemples de représentation, dessins simplifiés et schémas : voir pages 121 et 122.

**Tracé** de deux roues en prise, représentées en coupe axiale (fig. 2).

1. Calcul des diamètres primitifs.

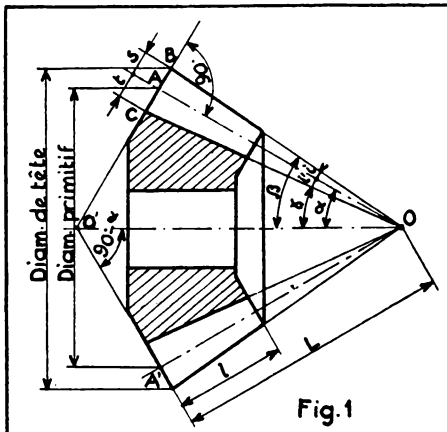


Fig.1

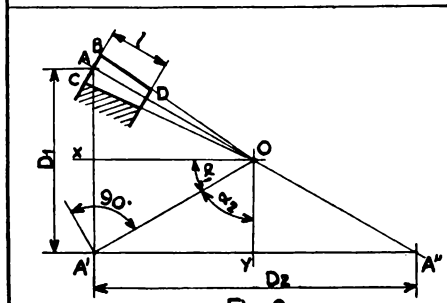


Fig.2

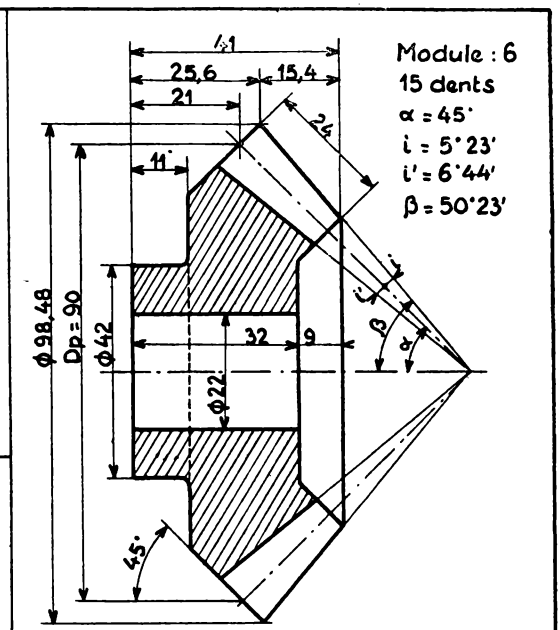


Fig.3

2. Tracé des cônes primitifs : tracer les axes, porter de part et d'autre les rayons primitifs; tracer les génératrices OA, OA', OA''; porter la longueur de denture AD.
3. Tracé des dents : élever la perpendiculaire en A à OA; porter la saillie AB et le creux AC; joindre OB et OC; limiter les dents à la perpendiculaire en D à OA. Faire de même sur les génératrices OA' et OA''.
4. Tracé de la jante, du moyeu, de la toile ou des bras.

**Cotes** (fig. 3).

1. Cotes nécessaires à la fabrication de la pièce brute et au tournage de la roue avant taillage.
2. Cotes des éléments de la denture, nécessaires au taillage des dents; ces cotes varient suivant la méthode de taillage employée, mais on indique généralement : module M, nombre de dents N, diamètres primitifs et de tête, longueur de denture, angle primitif α, angles de saillie i et de creux i', angle de tête β.
   Ces cotes peuvent être groupées dans un tableau.

## 4. REMARQUES.

1. Les engrenages coniques de même module ne sont pas interchangeables comme les engrenages cylindriques; un pignon ne peut être utilisé qu'avec la roue avec laquelle il a été calculé et tracé.
2. Les engrenages coniques donnent lieu à une poussée axiale nécessitant l'emploi de butées.

# 4. Roue et vis sans fin

Le système roue et vis sans fin se compose d'une vis à un ou plusieurs filets engrenant avec les dents d'une roue ; les axes de la vis et de la roue sont orthogonaux. Pour que l'engrènement soit possible, les dents de la roue doivent avoir la même inclinaison que les filets de la vis ; la roue est donc à denture hélicoïdale. Le rapport des vitesses de la vis et de la roue est égal au rapport inverse du nombre de filets n de la vis au nombre de dents N de la roue.

## 1. DEFINITIONS.

**Vis sans fin.** La section génératrice est trapézoïdale. Le profil réel, obtenu en coupant la vis par un plan perpendiculaire au filet, est une crémaillère (coupe BB, fig. 2), dont le module et le pas sont le *module réel* et le *pas réel* de la vis.

Une section par un plan contenant l'axe de la vis (section génératrice) donne une crémaillère plus allongée dont le module et le pas sont le *module oblique* et le *pas oblique* de la vis.

Le *pas de l'hélice* de la vis, ou distance entre deux spires du même filet = pas oblique × nombre de filets.

**Roue.** C'est une roue hélicoïdale, dont l'*inclinaison de la denture* par rapport à l'axe est égale à l'inclinaison du filet de la vis par rapport à une section droite (angle $\alpha$, fig. 2).

Le *sens* de l'hélice est le même sur la vis et sur la roue.

Le *pas réel* de la roue est égal au pas réel de la vis ; il en est donc de même pour le *module réel.*

Le *pas apparent* et le *module apparent* de la roue sont égaux au pas oblique et au module oblique de la vis.

## 2. CALCUL DES ELEMENTS DE LA DENTURE.

**Données. Vis** : Nombre de filets n et sens de l'hélice.
Module réel Mr pris dans les modules normalisés.
Diamètre primitif Dp choisi arbitrairement, de dix à quinze fois le module.

**Roue** : Nombre de dents N.

**1er cas : Vis à un seul filet.** Dans ce cas, l'inclinaison du filet de la vis étant faible, le pas réel et le pas apparent sont sensiblement égaux ; si l'emploi de la roue et de la vis ne nécessite pas une grande précision, on peut confondre pratiquement le module réel et le module apparent. Par exemple, pour une vis de diamètre primitif 35, de module réel 2,5, on obtient $\alpha = 4° 5'$ et le module apparent est 2,506.

D'où le calcul suivant :

**Vis.** Pas = Mr × $\pi$.

Inclinaison (fig. 3) : $\text{tg. } \alpha = \dfrac{\text{Pas}}{\pi \text{ Dp}} = \dfrac{\text{Mr}}{\text{Dp}}$, d'où $\alpha$.

Diamètre extérieur : Dp + 2 Mr.

Diamètre intérieur : Dp + 2,5 Mr.

**Roue.** Inclinaison : $\alpha$.

Module apparent = Mr.

Diamètre primitif = Ma × N = Mr × N..., etc.

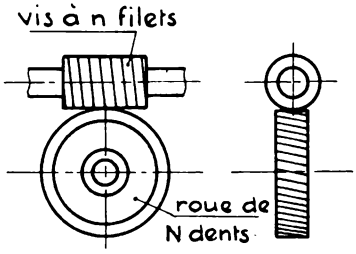
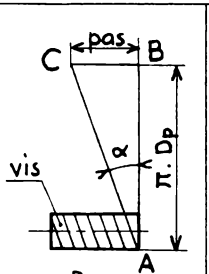
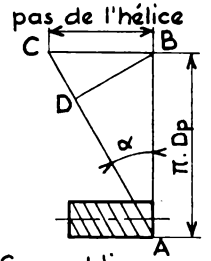



Fig. 1




$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\text{Pas}}{\pi . Dp}$

Fig. 3




BC: pas oblique x n
BD: pas réel x n

Fig. 4

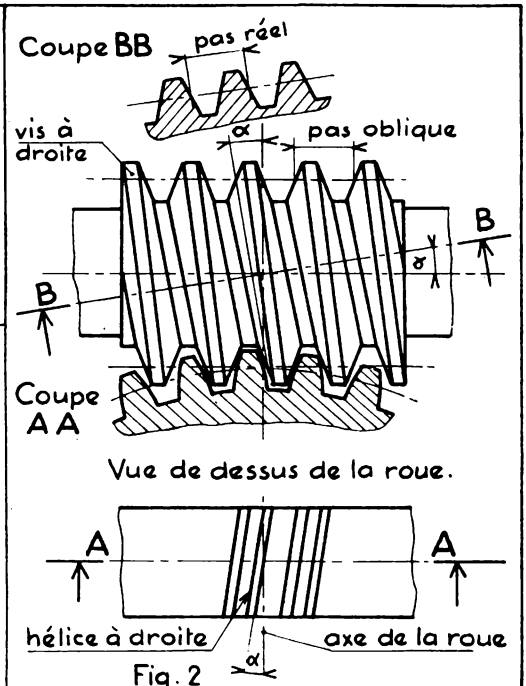



Fig. 2

**2e cas : vis à plusieurs filets.** L'inclinaison du filet de la vis étant importante, on ne peut plus confondre le pas apparent et le pas réel. D'où le calcul suivant :

**Vis.** Inclinaison (fig. 4) : $\sin\alpha = \frac{BD}{BA} = \frac{\text{Pas réel} \times n}{\pi\, Dp} = \frac{Mr \times n}{Dp}$.

$$\text{Module oblique} = \frac{\text{Module réel}}{\cos\alpha} \qquad \text{Pas réel} = Mr \times \pi.$$

$$\text{Pas oblique} = \frac{\text{Pas réel}}{\cos\alpha} = \frac{Mr \times \pi}{\cos\alpha}$$

Pas de l'hélice = pas oblique × n. Diamètre extérieur = Dp + 2 Mr.
Diamètre intérieur = Dp — 2,5 Mr.

**Roue.** Inclinaison de la denture : $\alpha$.
Module apparent = module oblique de la vis.

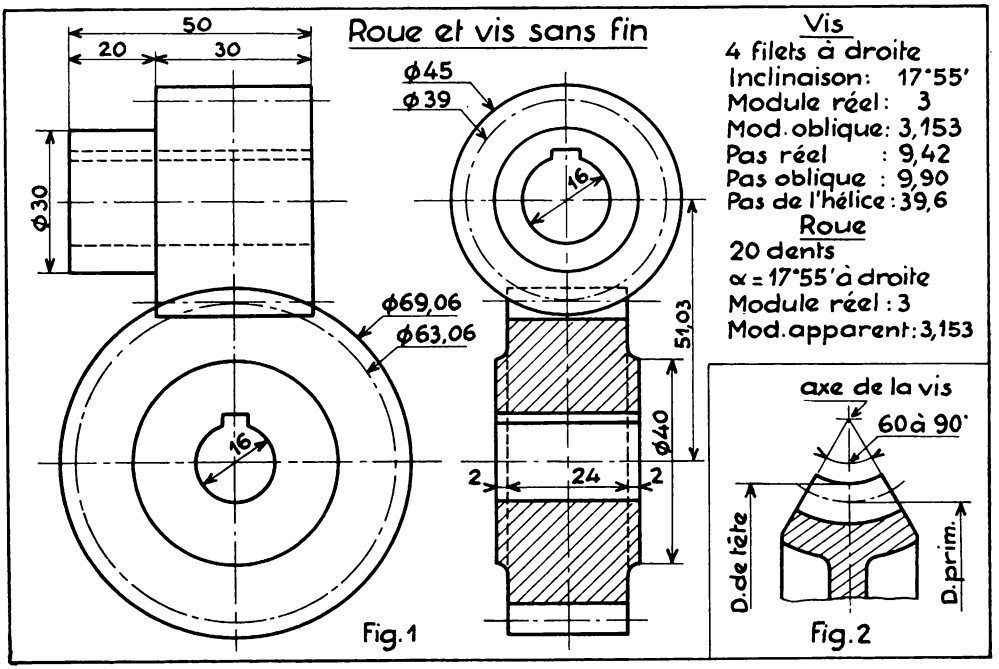
Diamètre primitif : $Ma \times N = \frac{Mr \times N}{\cos\alpha}$..., etc.

**Exemple :** Vis à 4 filets. Dp = 39. Mr = 3. Roue de 20 dents.

$\sin\alpha = \frac{4\,Mr}{39} = \frac{12}{39} = 0{,}30761$. D'où $\alpha = 17^\circ 55'$.

$$\text{Module oblique} = \frac{Mr}{\cos\alpha} = \frac{3}{0{,}9515} = 3{,}153.$$

Pas oblique = $3{,}153 \times \pi = 9{,}90$.
Pas de l'hélice (nécessaire au tourneur) = $9{,}90 \times 4 = 39{,}6$..., etc.




**3. DESSIN.** Mêmes conventions que pour les engrenages cylindriques droits ; indiquer éventuellement le sens de la denture hélicoïdale ou du filet de la vis par un signe rappelant la forme de cette denture. Sur le dessin de 2 roues en prise, si l'une des roues seulement est représentée en coupe, sa dent est supposée cachée par celle de la roue conjuguée, non coupée (fig. 1). Exemples de représentation, dessins simplifiés et schémas : voir pages 121 et 122.

**Cotes.** Vis et roue : diamètre primitif, de tête, de pied : distance d'axes.

Indications à porter sur le dessin :

Vis : nombre de filets, sens de l'hélice, inclinaison du filet, module réel et oblique, pas réel et oblique, pas de l'hélice.

Roue : nombre de dents, sens de l'hélice, inclinaison de la denture, module réel et apparent.

Exemple : voir fig. 1.

**4. ROUE ET VIS TANGENTE** (fig. 2). Quand l'effort à transmettre est important, on emploie souvent une roue creuse, enveloppant la vis suivant un arc de 60 à 90° ; le contact entre la roue et la vis a lieu sur une plus grande longueur et l'usure est moins rapide. Le calcul est le même que pour une roue ordinaire.

**Remarque.** La vis est soumise à une poussée axiale nécessitant l'emploi d'une butée.

# 5. Représentation des engrenages

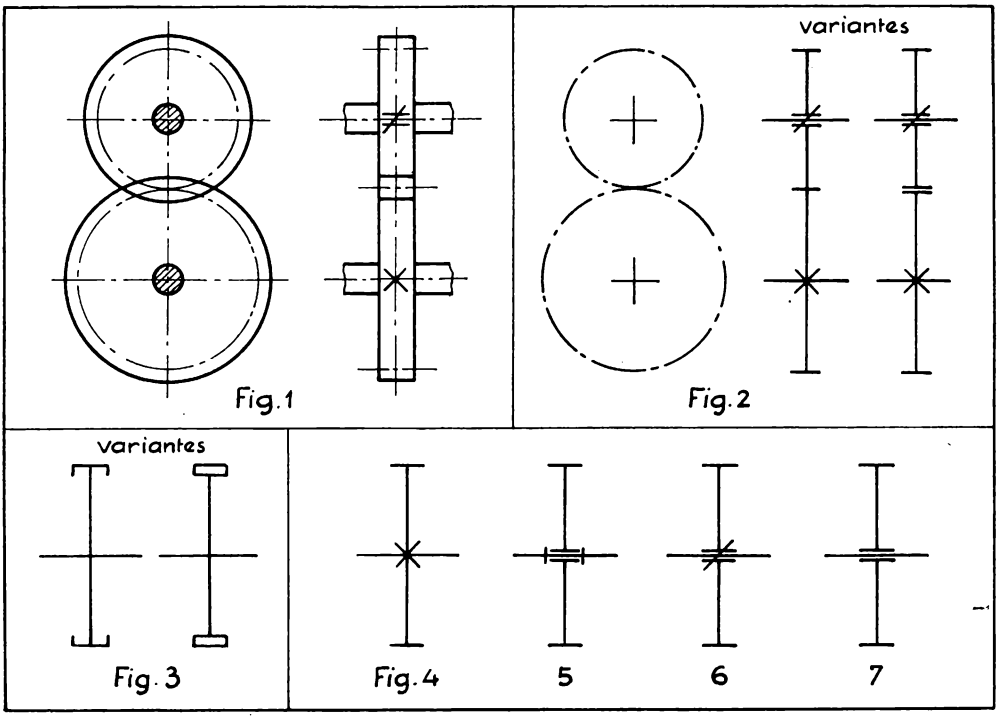
(NF. E. 04.113)

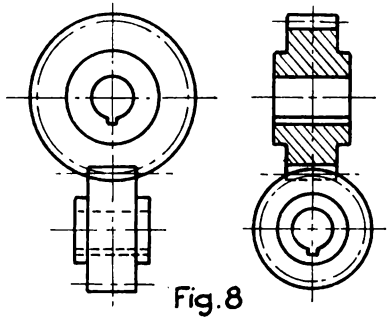
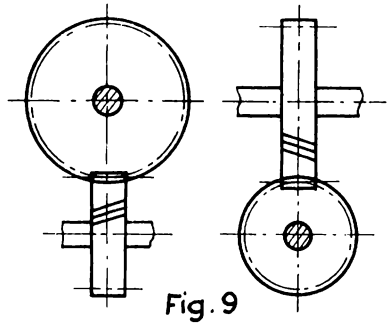
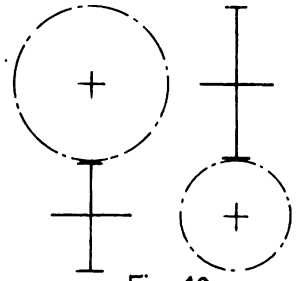
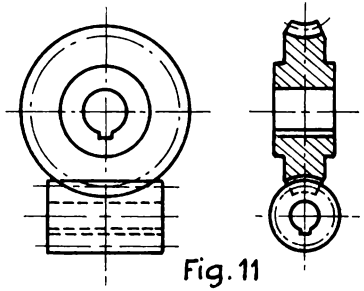
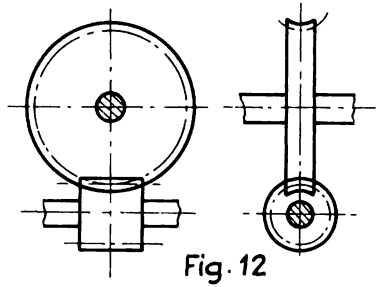
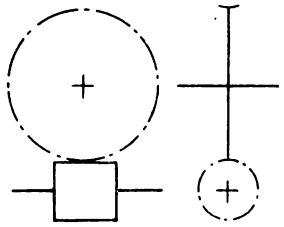
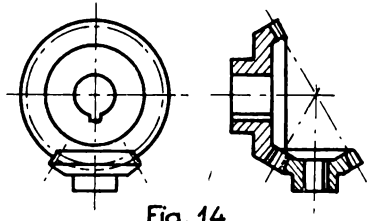
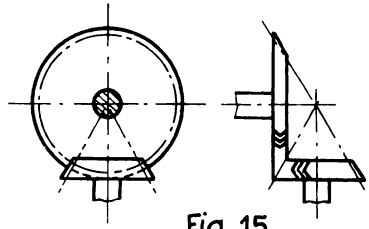
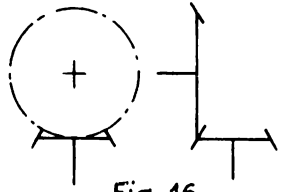
1. **DESSINS DE DÉTAIL ET DESSINS D'ENSEMBLE :** voir p. 113. - Ex. : p. 122.

2. **DESSINS SIMPLIFIÉS** (pour projets ou pour l'enseignement) : Ne faire porter la simplification que sur les détails autres que ceux concernant la partie active de la roue. Ex. fig. 1, 9, 12, 15. Respecter si possible l'encombrement en largeur et en diamètre de la partie active.

3. **SCHÉMAS** (pour chaînes cinématiques).
   a) **Vue de face :** Représenter chaque roue par sa circonférence primitive, en trait mixte. Ex. : fig. 2, 10, 13, 16.
   b) **Projection parallèle à l'axe :** Représenter la roue par le contour apparent de sa surface primitive, en trait continu (fig. 2). Faire une vue développée de la chaîne cinématique. Représentation des roues de friction : voir fig. 3.
   c) **Liaison avec l'axe.** Liaison complète : fig. 4 ; liberté en rotation : fig. 5 ; liberté en translation : fig. 6 ; en rotation et translation : fig. 7.

4. **EXEMPLES DE REPRÉSENTATION :** voir fig. 8 à 16, page 122.



| Dessin d'ensemble | Dessin simplifié | Schéma |
|---|---|---|
|  Fig. 8 |  Fig. 9 |  Fig. 10 |
|  Fig. 11 |  Fig. 12 |  Fig. 13 |
|  Fig. 14 |  Fig. 15 |  Fig. 16 |

# X. — TABLEAUX DE NORMALISATION

## A. — Nombres normaux et dimensions nominales

**1. NOMBRES NORMAUX** (NF. X. 01.001).

On désigne sous le nom de « nombres normaux » une série de nombres servant de base aux différentes normalisations. On a cherché à couvrir l'ensemble des besoins avec un minimum de chiffres se reproduisant dans des conditions déterminées et permettant un échelonnement des pièces, ni trop serré (pour éviter l'augmentation des frais de fabrication), ni trop large (pour assurer la satisfaction de tous les besoins).

Le choix s'est porté sur les séries Renard ; ce sont des progressions géométriques comprenant toutes les puissances de 10 et ayant pour raison une racine de 10 ; les nombres obtenus par le calcul sont incommensurables, sauf les puissances de 10 ; les nombres arrondis sont classés en quatre séries fondamentales :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Série R 5 | dont la raison est | la racine | cinquième | de 10 |
| Série R 10 | — | — | dixième | — |
| Série R 20 | — | — | vingtième | — |
| Série R 40 | — | — | quarantième | — |

Le tableau suivant donne les quatre séries de nombres normaux, compris entre 100 et 1.000. Il suffit d'ajouter ou de retrancher des zéros, ou de déplacer une virgule, pour étendre la série des nombres normaux à toute la numération ; par exemple, entre 1 et 10, la série R 5 donne : 1 - 1,6 - 2,5 - 4 - 6,3 - 10.

**2. DIMENSIONS LINEAIRES NOMINALES POUR LA MECANIQUE.** (NF. E. 01.001).

En vue de réduire le nombre de calibres de vérification en usage dans les ateliers, il y avait intérêt à réduire autant que cela était possible le nombre des cotes nominales des pièces de mécanique constitutives d'ajustement. Il n'a pas été possible d'adopter intégralement la série des nombres normaux ; la série des dimensions nominales en diffère :

1. Par le remplacement de certains termes par d'autres plus arrondis, par exemple : 112 par 110, 224 par 220, etc. Les séries obtenues sont désignées par Ra 5, Ra 10, Ra 20.
2. Par l'adjonction de dimensions exceptionnelles.

**Emploi.** Pour toutes les valeurs de cotes nominales, même non constitutives d'ajustement, choisir dans le tableau des dimensions nominales, avec préférence pour la série Ra 5, puis Ra 10, puis Ra 20 ; éviter autant que possible l'emploi des dimensions exceptionnelles.

Ne faire usage d'autres valeurs qu'en cas de besoin absolument justifié : normes déjà existantes, par exemple. Il y a lieu de noter, en effet, que certains diamètres de la série S.I., par exemple, ne figurent pas dans le tableau des dimensions nominales ; c'est le cas des nombres 27, 33, 39, 64, 76.

## Nombre normaux

| Nombre normaux (de 100 à 1000) | | | | Nombres théoriques | | N° d'ordre |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Série R 5 | Série R 10 | Série R 20 | Série R 40 | Valeur calculée | Mantisse du log. | |
| 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | — | 0 |
| | | | 106 | 105,93 | 025 | 1 |
| | | 112 | 112 | 112,20 | 05 | 2 |
| | | | 118 | 118,85 | 075 | 3 |
| | 125 | 125 | 125 | 125,89 | 1 | 4 |
| | | | 132 | 133,35 | 125 | 5 |
| | | 140 | 140 | 141,25 | 15 | 6 |
| | | | 150 | 149,62 | 175 | 7 |
| 160 | 160 | 160 | 160 | 158,49 | 2 | 8 |
| | | | 170 | 167,88 | 225 | 9 |
| | | 180 | 180 | 177,83 | 25 | 10 |
| | | | 190 | 188,36 | 275 | 11 |
| | 200 | 200 | 200 | 199,53 | 3 | 12 |
| | | | 212 | 211,35 | 325 | 13 |
| | | 224 | 224 | 223,87 | 35 | 14 |
| | | | 236 | 237,14 | 375 | 15 |
| 250 | 250 | 250 | 250 | 251,19 | 4 | 16 |
| | | | 265 | 266,07 | 425 | 17 |
| | | 280 | 280 | 281,84 | 45 | 18 |
| | | | 300 | 298,54 | 475 | 19 |
| | 315 | 315 | 315 | 316,23 | 5 | 20 |
| | | | 335 | 334,97 | 525 | 21 |
| | | 355 | 355 | 354,81 | 55 | 22 |
| | | | 375 | 375,84 | 575 | 23 |
| 400 | 400 | 400 | 400 | 398,11 | 6 | 24 |
| | | | 425 | 421,70 | 625 | 25 |
| | | 450 | 450 | 446,68 | 65 | 26 |
| | | | 475 | 473,15 | 675 | 27 |
| | 500 | 500 | 500 | 501,19 | 7 | 28 |
| | | | 530 | 530,88 | 725 | 29 |
| | | 560 | 560 | 562,34 | 75 | 30 |
| | | | 600 | 595,66 | 775 | 31 |
| 630 | 630 | 630 | 630 | 630,96 | 8 | 32 |
| | | | 670 | 668,34 | 825 | 33 |
| | | 710 | 710 | 707,95 | 85 | 34 |
| | | | 750 | 749,89 | 875 | 35 |
| | 800 | 800 | 800 | 794,33 | 9 | 36 |
| | | | 850 | 841,40 | 925 | 37 |
| | | 900 | 900 | 891,25 | 95 | 38 |
| | | | 950 | 944,06 | 975 | 39 |
| 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | — | 40 |

## Dimensions linéaires nominales de 1 à 500 mm.

| Dimensions recommandées | | | Dimensions exceptionnelles | Dimensions recommandées | | | Dimensions exceptionnelles | Dimensions recommandées | | | Dimensions exceptionnelles |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ra 5 | Ra 10 | Ra 20 | | Ra 5 | Ra 10 | Ra 20 | | Ra 5 | Ra 10 | Ra 20 | |
| 1 | 1 | 1 | | 10 | 10 | 10 | | 100 | 100 | 100 | 105 |
| | | 1,1 | | | | 11 | | | | 110 | 115 |
| | | | | | | | | | | | 120 |
| | 1,2 | 1,2 | | | 12 | 12 | | | 125 | 125 | |
| | | | | | | | 13 | | | | 130 135 |
| | | 1,4 | | | | 14 | | | | 140 | 145 |
| | | | 1,5 | | | | 15 | | | | 150 155 |
| 1,6 | 1,6 | 1,6 | | 16 | 16 | 16 | | 160 | 160 | 160 | 165 |
| | | | | | | | 17 | | | | 170 175 |
| | | 1,8 | | | | 18 | | | | 180 | 185 |
| | | | | | | | 19 | | | | 190 195 |
| | 2 | 2 | | | 20 | 20 | | | 200 | 200 | |
| | | | | | | | 21 | | | | 210 |
| | | 2,2 | | | | 22 | 23 | | | 220 | 230 |
| | | | | | | | 24 | | | | 240 |
| 2,5 | 2,5 | 2,5 | | 25 | 25 | 25 | | 250 | 250 | 250 | |
| | | | | | | | 26 | | | | 260 270 |
| | | 2,8 | | | | 28 | | | | 280 | 290 |
| | | | | | | | 30 | | | | 300 310 |
| | 3 | 3 | | | 32 | 32 | | | 315 | 315 | 320 330 |
| | | | | | | | 34 | | | | 340 350 |
| | | 3,5 | | | | 36 | 35 | | | 355 | 360 370 |
| | | | | | | | 38 | | | | 380 390 |
| 4 | 4 | 4 | | 40 | 40 | 40 | | 400 | 400 | 400 | 410 |
| | | | | | | | 42 44 | | | | 420 430 440 |
| | | 4,5 | | | | 45 | | | | 450 | 460 470 |
| | | | | | | | 48 46 | | | | 480 490 |
| | 5 | 5 | | | 50 | 50 | | | 500 | 500 | |
| | | | | | | | 52 55 | | | | |
| | | 5,5 | | | | 56 | 58 | | | | |
| | | | | | | | 60 | | | | |
| 6 | 6 | 6 | | 63 | 63 | 63 | 62 | | | | |
| | | | | | | | 68 65 | | | | |
| | | 7 | | | | 70 | | | | | |
| | | | | | | | 75 72 | | | | |
| | 8 | 8 | | | 80 | 80 | 78 | | | | |
| | | | | | | | 85 82 | | | | |
| | | 9 | | | | 90 | 88 | | | | |
| | | | | | | | 95 92 | | | | |
| 10 | 10 | 10 | | 100 | 100 | 100 | 98 | | | | |

# B. - Notations abrégées

(NF. E. 27.001)

## 1. SYMBOLES POUR VIS, ECROUS, RIVETS.

### 1. Symboles de forme principaux.

| | | |
|---|---|---|
| Hexagonale | H | Pour têtes et écrous de forme hexagon. |
| Crénelée | HK | Pour écrous hexagonaux crénelés. |
| Carrée | Q | Pour têtes et écrous de forme carrée. |
| Cylindrique | C | Pour têtes et écrous de forme cylindrique. |
| Ronde | R | Pour têtes en segment de sphère. |
| | Ra | Pour tête ronde de rivets avec arrondi sous tête. |
| | Rb | Pour tête ronde de rivets avec bavure. |
| Goutte de suif | G | Pour certains rivets à tête bombée. |
| A oreille | O | Pour écrous à oreilles. |
| Fraisée | F | Pour têtes fraisées plates ; angle au sommet en dénominateur. |
| Fraisée bombée | FB | Pour têtes fraisées bombées. |
| Japy | J | Pour boulons Japy. |
| Soc | S | Pour boulons de socs de charrue. |

### 2. Symboles de forme complémentaire.

| | | |
|---|---|---|
| Ergot | E | Pour boulon à ergot sous la tête. |
| Collet carré | X | Pour boulon à collet carré. |
| Foré | f | Pour rivets forés. |

### 3. Symboles de dimension relative.

| | | |
|---|---|---|
| Large (ou haut) | L | Pour pièces plus larges (ou plus hautes) que la série usuelle. |
| Haut | h | Pour les écrous plus hauts que la série usuelle. |
| Moins large | P | Pour vis QP. |
| Minimum | m | Pour têtes les moins larges (vis Qm, Cm et Hm, rivets Rm) et écrous les moins hauts (écrous Hm). |
| Usuel | U | Pour écrous H de hauteur = 0,8 d. |
| Réduit | Z | Pour têtes et écrous de boulonnerie réduite. |
| Ajustable | A | Pour corps de boulons ajustables (corps lisse à parachever par l'usager). |
| Ajusté | AA | Pour corps de boulons ajustés (corps lisse de ∅ supérieur au ∅ fileté). |

### 4. Symboles de finition.

| | | |
|---|---|---|
| Brute | N | Pour boulonnerie brute. |
| Semi-fine | T | Pour boulonnerie semi-fine (tige et surface d'appui lisse). |
| Fine | U | Pour boulonnerie fine (toutes surfaces lisses). |

**2. ENONCIATION.** Enoncer les caractéristiques dans l'ordre suivant :

1. Désignation de la pièce en langage clair. Ex. : vis, rivet.
2. Symbole de forme principal.
3. Symbole de forme complémentaire.
4. Symbole de dimension relative.
5. Eventuellement, forme de l'extrémité (bout pointu, par ex.).
6. Dimensions (en millimètres).
7. Symboles de finition.
8. Pour mémoire : matière et indice de la norme dimensionnelle.

**3. DIMENSIONS.** Inscrire dans l'ordre :

Symbole M du filetage métrique, s'il peut y avoir risque de confusion ; diamètre d ; pas P pour les filetages à pas fin, et à pas gros s'il y a risque de confusion ; longueur de tige l. Ex. : MdxP.l.

Si la longueur l n'est pas une longueur normalisée, la souligner d'un trait ; si la longueur de filetage x n'est pas la longueur normalisée, l'indiquer sous la forme Mdxl/x ; pour les goujons, inscrire l'implantation sous la forme j = ...

**4. AUTRES ARTICLES DE BOULONNERIE.**

1. **Boulons.** Donner la désignation de l'écrou à la suite de celle du boulon. S'il y a lieu de préciser le serrage (boulons goupillés), l'indiquer entre parenthèses, après les autres symboles, sous la forme S = ...
2. **Goupilles.**
   Symboles : Goupille cylindrique fendue : V
   Goupille conique ..... : I
   Désignation : symbole suivi du diamètre et de la longueur.
3. **Rondelles.**
   Symboles : Rondelles plates : moyenne : M, large : L, très large : LL, étroite : Z.
   Rondelles Grower : normale : W, forte : WL, réduite : WZ.

**5. EXEMPLES.**

| | |
|---|---|
| Vis à tête hexag. d = 18, l = 90, brute | Vis H. 18.90 N |
| Vis à petite tête carrée, à bout pointu, d = 12, l = 50, fine ..... | Vis QP bout pointu 12.50. U |
| Boulon à tête hexag., d = 18, l = 90, semi-fin, avec écrou hexagonal usuel, semi-fin ..... | Boulon H. 18.90 T, écrou Hu.T |
| Goujon d = 12, l = 45, implantation 36 | Goujon 12.45. j = 36 |
| Rivet à tête goutte de suif, à tige forée, d = 8, l = 25 ..... | Rivet Gf. 8.25 |
| Goupille conique, d = 5, l = 45 ..... | Goupille I. 5.45 |
| Rondelle plate moyenne pour boulon de 12, brute ..... | Rondelle M. 12. N |

# C. — Éléments d'assemblage

## 1. Vis d'assemblage sur métaux

(PN. E. 27.112, 113, 129, 161, 311)

1. **DEFINITION.** Une vis est une tige filetée présentant une tête dont la forme permet le serrage de la vis avec une clé, un tournevis, ou à la main.
2. **MODE D'ACTION** (fig. 1). Les vis d'assemblage ont pour but de serrer une pièce A sur une pièce B ; la vis traverse librement A et se visse dans B ; la pièce A est ainsi serrée entre B et la tête de la vis.
3. **DESIGNATION :** Voir notations abrégées (page 126).
   Exemple : vis H. M 18-90.
4. **FORME ET DIMENSIONS DES TETES.**
   a) **Tête hexagonale,** pour diamètres de 1,6 à 80. Symbole H.
   Hauteur de la tête : $b_1 = 0{,}7\ d$ environ (voir tableau).
   Largeur sur plats ou clé : le projet de norme PN. E. 27.311 a réduit la clé $a_1$ à une valeur égale à 1,5 d environ ; valeur de $a_1$ et de D correspondant : voir tableau.
   Tracé : le même que celui de l'écrou hexagonal (p. 138).
   Emploi : cas d'un serrage énergique.
   b) **Tête carrée,** pour diamètres de 1,6 à 80. Symbole Q. Forme, hauteur de tête et largeur sur plats : voir boulon Q.
   c) **Tête cylindrique fendue,** pour diamètres de 1,6 à 24. Trois formes sont prévues :
   Tête cylindrique : symbole C.
   Tête cylindrique bombée : symbole CB.
   Tête cylindrique bombée large : symbole CBL (de 1,6 à 6).
   Forme des têtes : les vis obtenues par décolletage ont la tête cylindrique ; celles qui sont obtenues par matriçage présentent une légère dépouille (0 à 5 %), le raccordement avec la face supérieure s'effectuant par un arrondi de faible rayon ou un léger chanfrein à 45°.
   Dimensions des têtes : voir tableau.
   Emploi : tête généralement logée dans un lamage (fig. 2) ; serrage en bout par tournevis ; la vis CB est destinée à remplacer la vis à tête ronde R.
   d) **Tête fraisée.** Angle au sommet 90°. Trois formes :
   Tête fraisée plate, pour diamètres de 1,6 à 24 ; symbole F/90.
   Tête fraisée bombée, pour diamètres de 1,6 à 24 ; symbole FB/90.
   Tête fraisée à six pans creux, pour diamètres de 2,5 à 20 ; symbole FHc/90.
   Emploi : tête logée dans un trou fraisé (fig. 3) ; serrage en bout par tournevis.
   e) **Tête ronde,** pour diamètres de 1,6 à 24. Symbole R. Ces vis, dont la tête est mal adaptée à l'emploi du tournevis, ne sont plus normalisées et doivent être remplacées par les vis C ou CB.
   f) **Tête cylindrique à six pans creux**, pour diamètres de 2,5 à 24. Symbole : CHc.
   Emploi : tête logée dans un lamage ; serrage en bout, par clé spéciale.
5. **EXTREMITE :** plate avec chanfrein à 45° (± 15°) ; hauteur d/10 environ.

(suite page 130)

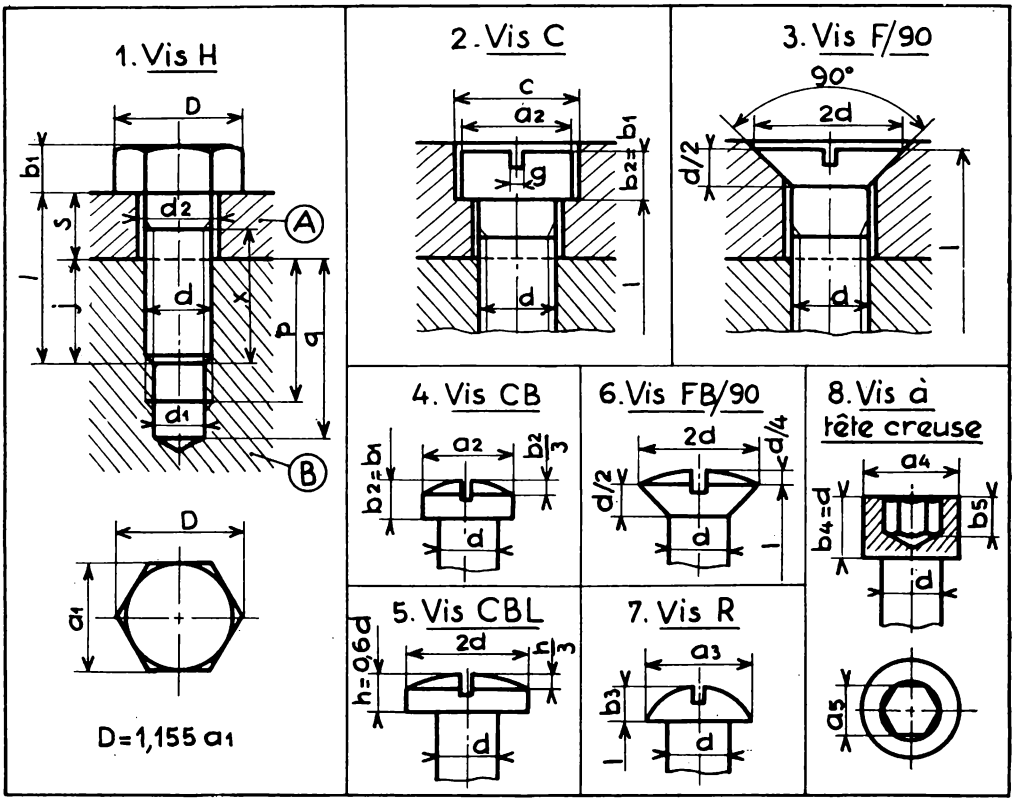



**Tableau des vis** (Extrait)

| d | Pas | $a_1$ | D maximum | $b_1$ | $a_2$ | $a_3$ | $b_3$ | $a_4$ | $a_5$ | $b_5$ | c | g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 0,5 | 5,5 | 6,3 | 2 | 5 | 5,5 | 2,5 | 5,5 | 2,5 | 2 | 6,5 | 1 |
| 4 | 0,7 | 7 | 8,1 | 2,8 | 7 | 7 | 3 | 7 | 3 | 2,5 | 8 | 1,2 |
| 5 | 0,8 | 8 | 9,2 | 3,5 | 8 | 9 | 4 | 8 | 4 | 3 | 10 | 1,5 |
| 6 | 1 | 10 | 11,5 | 4 | 10 | 11 | 4,5 | 10 | 5 | 4 | 12 | 1,5 |
| (7) | 1 | 11 | 12,7 | 5 | 12 | 12 | 5 | 12 | 6 | 4,5 | 14 | 1,5 |
| 8 | 1,25 | 13 | 15 | 5,5 | 14 | 14 | 5,5 | 13 | 6 | 5 | 16 | 2 |
| 10 | 1,50 | 17 | 19,6 | 7 | 16 | 17 | 7 | 16 | 8 | 6 | 20 | 2 |
| 12 | 1,75 | 19 | 21,9 | 8 | 18 | 21 | 8 | 18 | 10 | 8 | 23 | 2,5 |
| 14 | 2 | 22 | 25,4 | 9 | 22 | 24 | 10 | 22 | 12 | 9 | 25 | 2,5 |
| 16 | 2 | 24 | 27,7 | 10 | 24 | 28 | 11 | 24 | 14 | 10 | 28 | 3 |
| 18 | 2,5 | 27 | 31,2 | 12 | 27 | 31 | 12 | 27 | 14 | 11 | 32 | 3 |
| 20 | 2,5 | 30 | 34,6 | 13 | 30 | 34 | 14 | 30 | 17 | 12 | 35 | 3 |
| 22 | 2,5 | 32 | 36,9 | 14 | 30 | 38 | 16 | 33 | 17 | 14 | 37 | 4 |
| 24 | 3 | 36 | 41,6 | 15 | 36 | 41 | 17 | 36 | 19 | 15 | 41 | 4 |
| 27 | 3 | 41 | 47,3 | 17 | | | | | | | 45 | |
| 30 | 3,5 | 46 | 53,1 | 19 | | | | | | | 50 | |
| 33 | 3,5 | 50 | 57,7 | 21 | | | | | | | 55 | |
| 36 | 4 | 54 | 62,3 | 23 | | | | | | | 60 | |

**6. DIMENSIONS.**

Diamètres et pas : pris dans les filetages métriques, avec filet I.S.O. (pages 103 à 105). Dimensions des têtes : voir tableau, extrait des normes.
Longueur de tige l et longueur de filetage x : voir p. 135.
Valeur de $d_1$ - $d_2$ - j - p - q : voir p. 139.

## 2. Vis de pression

(PN. E. 27.111, 114 à 126, 162)

**1. MODE D'ACTION** (fig. 1, 2 et 3). La vis, se vissant dans la pièce A, fixe la pièce B en exerçant sur elle une pression ; d'où : extrémité de forme spéciale, souvent trempée ; tige filetée le plus souvent sur toute la longueur ; tête réduite ou supprimée.
La vis à téton est également employée comme vis de guidage (fig. 4).

**2. DESIGNATION :** voir page 126. Ex. : vis Hm à téton M 8.30.

**3. EXTREMITES.**

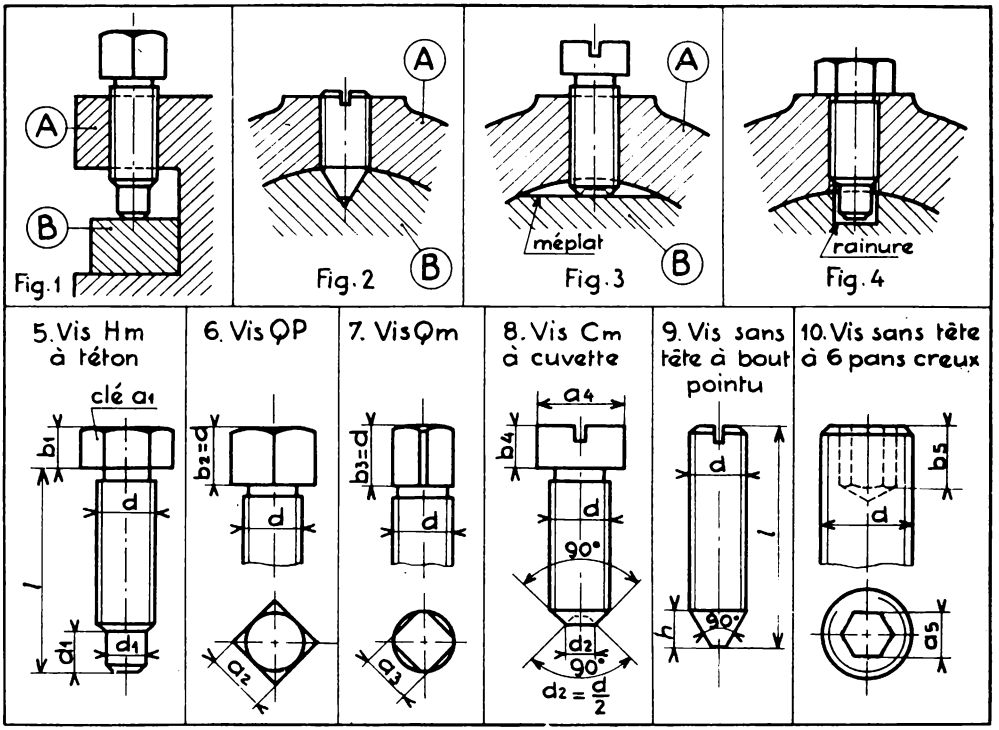
1. **Bout plat :** chanfrein à 45°, de hauteur d/10 environ.
2. **Bout pointu :** tronc de cône d'angle au sommet 90°.
3. **A cuvette :** tronc de cône d'angle au sommet 90° ; petite base creusée d'un deuxième tronc de cône à 90°.
4. **A téton :** partie non filetée de diamètre 0,7 d, de longueur 0,7 d environ pour le téton long, d/3 pour le téton court.

**4. FORME DES TETES.**

1. **Tête hexagonale étroite.** Symbole Hm ; se fait à cuvette, à téton long et téton court, pour des diamètres de 6 à 36 mm.
2. **Tête carrée ordinaire.** Symbole QP ; se fait à bout pointu, à cuvette, à téton long et court ; diamètres de 3 à 36 mm.
3. **Petite tête carrée.** Symbole Qm ; se fait à cuvette et à téton court ; diamètres de 3 à 36 mm.
4. **Tête cylindrique étroite.** Symbole Cm ; se fait à bout pointu, à téton long et court ; diamètres de 2 à 36 mm.
5. **Vis sans tête fendue.** Pas de symbole ; se fait à bout plat, à bout pointu et à téton long ; diamètres de 2 à 36 mm.
6. **Vis sans tête à six pans creux.** Symbole : vis sans tête Hc ; se fait à bout plat, à bout pointu, à cuvette, à téton court ; diamètres de 2,5 à 24 mm.

**5. DIMENSIONS.**

Diamètres et pas : pris dans la série des filetages métriques, avec filet I.S.O. (pages 103 à 105).
Têtes et extrémités : voir tableau, extrait des normes.
Longueur de tige *l* (extrémité comprise) : choisir dans la série normalisée donnée page 134, jusqu'à la longueur 120.
Longueur de filetage : ces vis sont filetées sur toute leur longueur, ou jusqu'à proximité de la tête ; prévoir une gorge de dégagement sous la tête pour les vis à téton.




**Vis de pression** (Extrait)

| d | $a_1$ | $b_1$ | $d_1$ | $a_2$ | $a_3$ | $a_4$ | $b_4$ | h | $a_5$ | $b_5$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | | | 2 | 3,2 | 2,2 | 4,5 | 3 | 1,1 | 1,5 | 2,5 |
| 4 | | | 2,5 | 4 | 3,2 | 6 | 4 | 1,5 | 2 | 3 |
| 5 | | | 3,5 | 5 | 4 | 7 | 4,5 | 1,9 | 2,5 | 3,5 |
| 6 | 8 | 4 | 4,5 | 6 | 5 | 9 | 5 | 2,3 | 3 | 4 |
| (7) | 10 | 5 | 5,5 | 7 | 5,5 | 10 | 5 | 2,6 | 3 | 4 |
| 8 | 11 | 5,5 | 6 | 8 | 6 | 11 | 6 | 3 | 4 | 5 |
| 10 | 13 | 7 | 7 | 10 | 8 | 14 | 7 | 3,8 | 5 | 6 |
| 12 | 17 | 8 | 9 | 13 | 10 | 18 | 9 | 4,5 | 6 | 8 |
| 14 | 19 | 9 | 10 | 17 | 11 | 20 | 10 | 5,3 | 6 | 9 |
| 16 | 22 | 10 | 12 | 17 | 13 | 22 | 12 | 6 | 8 | 10 |
| 18 | 24 | 12 | 14 | 19 | 13 | 24 | 13 | 6,8 | 8 | 11 |
| 20 | 27 | 13 | 16 | 22 | 17 | 27 | 14 | 7,5 | 10 | 12 |
| 22 | 30 | 14 | 16 | 24 | 17 | 30 | 15 | 8,3 | 10 | 14 |
| 24 | 32 | 15 | 18 | 27 | 19 | 33 | 17 | 9 | 12 | 15 |

# 3. Boulons sur métaux et goujons

(NF. E. 27.311 à 314 et E. 27.241)

1. **DEFINITION.** Un boulon est l'ensemble constitué par une tige filetée présentant une tête, et un écrou.

2. **MODE D'ACTION** (fig. 1, 2, 3). Les boulons ont pour but de serrer deux pièces A et B l'une contre l'autre ; le boulon traverse librement les deux pièces, qui se trouvent serrées entre la tête du boulon et son écrou. Pour que le serrage soit énergique, il faut s'opposer à la rotation du boulon ; d'où tête prismatique, ou circulaire avec ergot.

3. **DESIGNATION :** Voir p. 126. Ex. : boulon H. M 18. 90 T, écrou Hu T.

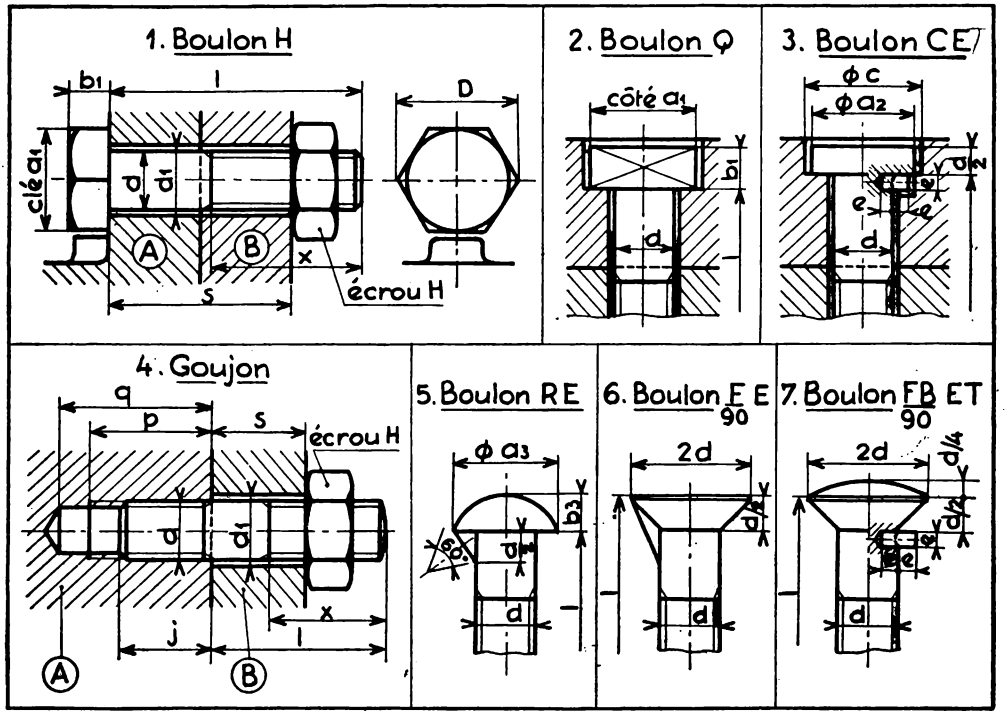
4. **FORME ET DIMENSIONS DES TETES.**
   1. **Tête hexagonale.** Symbole H. Diamètre : de 1,6 à 80 mm.
      Hauteur de tête $b_1 = 0{,}7$ environ (voir tableau).
      Largeur sur plats ou clé : le projet de norme PN. E. 27.311 a réduit la clé à une valeur égale à 1,5 d environ (voir tableau).
      Tracé : voir page 138.
      Emploi : tête immobilisée par bossage (fig. 1) ou clé.
   2. **Tête carrée.** Symbole Q. Diamètre : de 1,6 à 80 mm. Hauteur de la tête et largeur sur plats : même valeur que pour le boulon H.
      Emploi : tête immobilisée par trou carré ou rainure en T (fig. 2).
   3. **Tête cylindrique.** Symbole CE. Diamètre de 6 à 80. Se fait brut avec ergot venu de forge, ou tourné avec ergot cylindrique emmanché à force.
      Emploi : tête noyée dans un lamage (fig. 3).
   4. **Tête ronde.** Symbole RE. Diamètre de 4 à 60. Se fait brut avec ergot venu de forge, ou tourné avec ergot rapporté.
   5. **Tête fraisée.** Diamètre de 4 à 60. Angle au sommet du cône : 90°. Deux formes : tête plate (F/90) ou bombée (FB/90). Sur les boulons bruts, l'ergot vient de forge (F/90.E et FB/90.E) ; sur les boulons tournés, l'ergot est rapporté (F/90.ET et FB/90.ET).
      Emploi : tête noyée dans un trou fraisé.

5. **EXTREMITE :** plate avec chanfrein à 120°, de hauteur d/10 environ.

6. **ECROU.** Pour tous les boulons sur métaux, l'écrou normal est l'écrou H.

7. **DIMENSIONS.** Diamètres et pas : filetages métriques (p. 105), filet I.S.O.. Têtes : voir tableau. Longueurs de tige et de filetage : voir p. 135.

8. **GOUJON** (fig. 4) : tige filetée à ses deux extrémités ; l'une se visse dans la pièce A, l'autre traverse librement B et reçoit un écrou ; l'extrémité vissée est plate, avec chanfrein à 45° ; l'autre extrémité est bombée (voir figure).
   Diamètres de 3 à 80 mm ; longueur de tige $l$ et de filetage x : voir pages 134 et 135 ; valeur de l'implantation j : voir tableau ; remarquer qu'elle comprend les filets incomplètement formés, le goujon étant vissé à fond et bloqué.
   Désignation. Exemple : goujon M 18.90/45.j = 36.




**Boulons** (Extrait)

| d | $a_1$ | D maximum | $b_1$ | $a_2$ | $a_3$ | $b_3$ | e | c | j | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | métaux durs | métaux tendres |
| 3 | 5,5 | 6,3 | 2 | | | | | 6,5 | 4,5 | 6 |
| 4 | 7 | 8,1 | 2,8 | | 7 | 3 | 1,5 | 8 | 6 | 8 |
| 5 | 8 | 9,2 | 3,5 | | 9 | 4 | 1,8 | 10 | 7,5 | 10 |
| 6 | 10 | 11,5 | 4 | 10 | 11 | 4,5 | 2 | 12 | 9 | 12 |
| (7) | 11 | 12,7 | 5 | 12 | 12 | 5 | 2 | 14 | 10,5 | 14 |
| 8 | 13 | 15 | 5,5 | 14 | 14 | 5,5 | 2,5 | 16 | 12 | 16 |
| 10 | 17 | 19,6 | 7 | 17 | 17 | 7 | 3 | 20 | 15 | 20 |
| 12 | 19 | 21,9 | 8 | 21 | 21 | 8 | 3,5 | 23 | 18 | 24 |
| 14 | 22 | 25,4 | 9 | 23 | 24 | 10 | 4 | 25 | 21 | 28 |
| 16 | 24 | 27,7 | 10 | 26 | 28 | 11 | 4 | 28 | 24 | 32 |
| 18 | 27 | 31,2 | 12 | 29 | 31 | 12 | 5 | 32 | 27 | 36 |
| 20 | 30 | 34,6 | 13 | 32 | 34 | 14 | 5 | 35 | 30 | 40 |
| 22 | 32 | 36,9 | 14 | 35 | 38 | 16 | 5 | 37 | 33 | 44 |
| 24 | 36 | 41,6 | 15 | 38 | 41 | 17 | 6 | 41 | 36 | 48 |
| 27 | 41 | 47,3 | 17 | 42 | 46 | 19 | 6 | 45 | 41 | 54 |
| 30 | 46 | 53,1 | 19 | 46 | 51 | 21 | 7 | 50 | 45 | 60 |
| 33 | 50 | 57,7 | 21 | 50 | 56 | 23 | 7 | 55 | 50 | 66 |
| 36 | 54 | 62,3 | 23 | 54 | 61 | 25 | 8 | 60 | 54 | 72 |
| 39 | 58 | 67 | 25 | 58 | 66 | 27 | 8 | 65 | 59 | 78 |
| 42 | 63 | 72,7 | 26 | 63 | 71 | 29 | 9 | 70 | 63 | 84 |
| 45 | 67 | 77,4 | 28 | 67 | 76 | 31 | 9 | 70 | 68 | 90 |
| 48 | 71 | 82 | 30 | 71 | 81 | 33 | 10 | 75 | 72 | 96 |

# 4. Longueurs de tige et longueurs de filetage

(NF. E. 27.025 et PN. E. 27.311)

1. **LONGUEUR DE TIGE.** C'est la longueur mesurée sous la tête, sauf pour les boulons et vis à tête fraisée, pour lesquels la hauteur de la tête est comprise dans la longueur (voir fig.) ; pour les goujons, c'est la longueur totale diminuée de l'implantation j (voir fig.).
   Les longueurs normalisées sont : 3, 4, 5, 6, (7), 8, (9), 10, 12, 15, (18), 20, (22), 25, (28), 30, 35, 40, 45... 80, 90, 100, 110... 200, 220, 240... 400... etc. de 20 en 20. (Eviter les longueurs entre parenthèses.)

2. **LONGUEUR DE FILETAGE.** La nôrme NF. E. 27.025 de juillet 1959 ne prévoit plus qu'une longueur de filetage, pour un diamètre et une longueur de tige donnés (antérieurement, deux séries étaient prévues : une longueur normale et une longueur réduite). Le tableau ci-contre n'en donne qu'un extrait, pour les diamètres de 4 à 36, et les longueurs de tige de 15 à 200 (d'après PN. E. 27.311). Ce tableau donne :
   1. Les longueurs de tige pour un diamètre donné.
   2. La longueur de filetage en fonction du diamètre et de la longueur de la tige ; par exemple, pour un boulon de diamètre 18, de longueur 80, on trouve $x = 40$.

   **Remarque :** l'emploi des anciennes longueurs de filetage (NF. E. 27.026 et 20.027) reste admis à titre transitoire.

3. **INDICATION DES LONGUEURS.** Indiquer la longueur de tige l à la suite du diamètre ; ex. : boulon H. M 18.90 ; si la longueur l n'est pas une longueur normalisée, la souligner d'un trait ; ex. : boulon H. M 18.95.

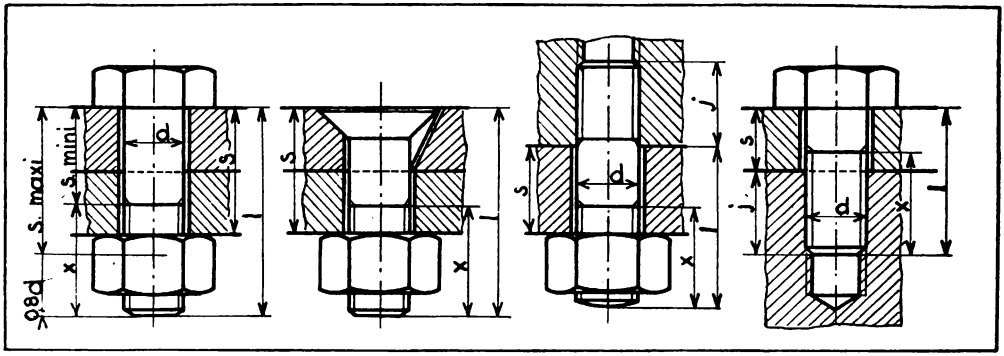
   N'indiquer la longueur de filetage x que si celle-ci n'est pas la longueur normalisée correspondant à d et à l ; l'écrire alors à la suite de la longueur de tige, les deux nombres étant séparés par une barre inclinée ; ex. : boulon H. M 18.90/40.

   S'il y a lieu de préciser le serrage (boulon avec écrou goupillé par exemple), l'indiquer entre parenthèses sous la forme $s = \ldots$ ; ex. : boulon H. M 18.90, écrou HK ($s = 70$).

   Pendant la période transitoire où l'emploi des anciennes longueurs de filetage est encore admis (voir paragraphe précédent), continuer à indiquer la longueur de filetage x à la suite de la longueur de tige l, sous la forme l/x, comme auparavant. Exemple : boulon H.M 18.80/40.

**REMARQUES.**

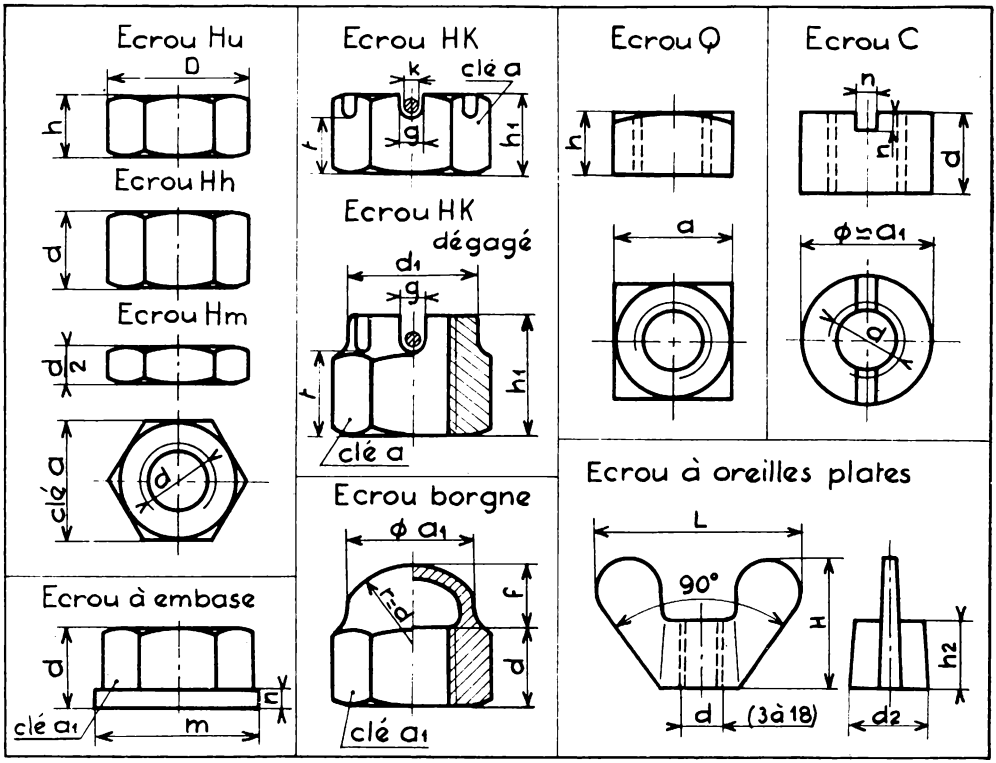
1. Ce tableau ne s'applique ni aux vis de pression, généralement filetées sur toute leur longueur, ni aux vis à bois.
2. Les tiges peuvent être, sur demande, soit filetées sur toute leur longueur (prévoir une gorge de dégagement sous la tête), soit filetées jusqu'à proximité de la tête (ou de l'ergot, ou du collet carré), la longueur non filetée ne comprenant que les filets imparfaitement formés (2 à 3 pas environ).
3. Pour les goujons, assurer entre les deux filetages un minimum de partie lisse garantissant la possibilité d'implantation à force ; remarquer que l'implantation j comprend les filets incomplètement formés.




| LONGUEUR DE TIGE l | Diamètre d | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4 | 5 | 6 | (7) | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 27 | 30 | 33 | 36 |
| | Longueur filetée X | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (18) | idem | 15 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | idem | 17 | | | | | | | | | | | | | | |
| (22) | | | idem | 19 | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | idem | 21 | | | | | | | | | | | | |
| (28) | | | | | idem | 25 | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | idem | 28 | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | idem | 32 | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | idem | 35 | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | idem | 40 | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | idem | 43 | | | | | | |
| 55 | | | | | | | | | | | idem | 46 | | | | | |
| 60 | 13 | | | | | | | | | | | idem | 50 | | | | |
| 65 | | | | | | | | | | | | | idem | 55 | | | |
| 70 | | | | | | | | | | | | | | idem | 60 | | |
| 75 | | 15 | | | | | | | | | | | | | 60 | 65 | |
| 80 | | | 17 | 19 | 21 | 25 | 28 | 32 | 35 | 40 | 43 | 46 | 50 | 55 | 60 | 65 | |
| 90 | | | 22 | 24 | 26 | 30 | 33 | 37 | 40 | 45 | 48 | 51 | 55 | 60 | 65 | 70 | 76 |
| 100 | | | | 24 | idem | idem | idem | idem | idem | idem | idem | idem | idem | idem | idem | idem | idem |
| 110 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 | | | | | 26 | | | | | | | | | | | | |
| 130 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 140 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 150 | | | | | | 30 | | | | | | | | | | | |
| 160 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 170 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 180 | | | | | | | 33 | | | | | | | | | | |
| 190 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 200 | | | | | | | | 37 | 40 | 45 | 48 | 51 | 55 | 60 | 65 | 70 | 76 |

## 5. Écrous (NF. E. 27.411 à 414, 451 à 454)

1. **DEFINITION.** Pièce présentant un trou taraudé et se vissant sur un boulon, un goujon ou une tige filetée. Sa forme permet le serrage avec une clé, un tournevis ou à la main.
2. **DESIGNATION :** voir p. 126. Ex. : écrou H. M 14. T.
3. **DIFFERENTES FORMES ET DIMENSIONS.**
   1. **Ecrous hexagonaux.** Diamètres de 1,6 à 80.
      **Largeur sur plats :** le projet de norme PN. E. 27.411 a réduit la clé à une valeur égale à 1,5 d environ (voir tableau) ; elle est la même que pour les vis et boulons H de même diamètre.
      **Hauteur :**
      Ecrou usuel, symbole H (ou Hu transitoirement) : h = 0,8 d.
      Ecrou bas, symbole Hm : h = 0,5 d.
      Ecrou haut, symbole Hh : h = d.
      **Tracé :** voir paragraphe 4.
      **Emploi.** Ecrou H : écrou normal des boulons sur métaux.
      Ecrou Hm : contre-écrou.
   2. **Ecrou à créneaux.** Deux formes :
      Ecrou ordinaire ; symbole : HK ; diamètres de 4 à 80.
      Ecrou dégagé ; symbole : HK dégagé ; diamètres de 12 à 80.
      Emploi : les écrous à créneaux sont destinés à être goupillés, afin d'éviter leur desserrage.
   3. **Ecrou à embase.** d de 6 à 80. Pas de symbole.
      Emploi : remplace rondelle et écrou.
   4. **Ecrou borgne.** d de 10 à 80. Pas de symbole.
      Emploi : pour protéger l'extrémité du filetage.
      **Remarque :** les écrous à créneaux, à embase et borgne, en cours de révision, conservent, pour le moment, leur ancienne largeur sur plats (colonne $a_1$ du tableau).
   5. **Ecrou carré :** d de 1,6 à 80. Symbole Q. La largeur sur plats est la même que celle des écrous H de même diamètre (colonne a du tableau).
      Il existe également un écrou carré large (QL).
   6. **Ecrou cylindrique.** d de 2 à 36. Symbole C.
      Emploi : serrage en bout avec tournevis ou clé spéciale.
   7. **Ecrous à oreilles ;** d de 3 à 18 ; symbole O.
      Emploi : cas d'un serrage à la main.
4. **TRACE DE L'ECROU HEXAGONAL.** L'écrou H est un prisme hexagonal dont les arêtes vives des bases sont abattues par un chanfrein conique d'angle au sommet 120° ; il comporte un trou taraudé de diamètre d. Données : diamètre d, hauteur h (égale à d ; 0,8 d ou 0,5 d pour écrou Hh, Hu ou Hm), clé a (voir tableau).
   a) **Dessin du prisme hexagonal.**
      **Vue de dessus :** hexagone circonscrit à un cercle de diamètre a.
      **Elévation :** rappeler les sommets de l'hexagone ; porter la hauteur ; remarquer que AB = CD = BC/2.
      **Vue de gauche :** largeur = a ; la diviser en deux parties égales.




**Ecrous** (Extrait)

| d | a | D | h | $a_1$ | m | n | $h_1$ | t | k | g | $d_1$ | f | $d_2$ | $h_2$ | L | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 5,5 | 6,3 | 2,4 | | | | | | 0,8 | | | | 8 | 4 | 22 | 12 |
| 4 | 7 | 8,1 | 3,2 | | | | 5 | 3,2 | 1 | 1,2 | | | 9 | 5 | 26 | 13 |
| 5 | 8 | 9,2 | 4 | | | | 6 | 4 | 1 | 1,4 | | | 11 | 6 | 30 | 15 |
| 6 | 10 | 11,5 | 5 | 10 | 14 | 2 | 7,5 | 5 | 1,5 | 2 | | | 13 | 8 | 35 | 18 |
| (7) | 11 | 12,7 | 5,5 | 12 | 16 | 2 | 8 | 5,5 | 1,5 | 2 | | | 13 | 8 | 35 | 18 |
| 8 | 13 | 15 | 6,5 | 14 | 18 | 2,5 | 9,5 | 6,5 | 1,5 | 2,5 | | | 15,5 | 10 | 42 | 22 |
| 10 | 17 | 19,6 | 8 | 17 | 22 | 3 | 12 | 8 | 2 | 2,8 | | 8 | 18 | 11 | 48 | 25 |
| 12 | 19 | 21,9 | 10 | 21 | 27 | 3,5 | 15 | 10 | 2 | 3,5 | 17 | 10 | 21 | 12 | 54 | 28 |
| 14 | 22 | 25,4 | 11 | 23 | 30 | 4 | 16 | 11 | 3 | 3,5 | 19 | 12 | 24 | 14 | 62 | 31 |
| 16 | 24 | 27,7 | 13 | 26 | 33 | 4 | 19 | 13 | 3 | 4,5 | 22 | 13 | 28 | 16 | 70 | 35 |
| 18 | 27 | 31,2 | 15 | 29 | 39 | 5 | 21 | 15 | 4 | 4,5 | 25 | 15 | 31 | 18 | 78 | 39 |
| 20 | 30 | 34,6 | 16 | 32 | 42 | 5 | 22 | 16 | 4 | 4,5 | 28 | 16 | | | | |
| 22 | 32 | 36,9 | 18 | 35 | 45 | 5 | 26 | 18 | 4 | 5,5 | 30 | 18 | | | | |
| 24 | 36 | 41,6 | 19 | 38 | 48 | 6 | 27 | 19 | 5 | 5,5 | 34 | 20 | | | | |
| 27 | 41 | 47,3 | 22 | 42 | 52 | 6 | 30 | 22 | 5 | 5,5 | 38 | 22 | | | | |
| 30 | 46 | 53,1 | 24 | 46 | 60 | 7 | 33 | 24 | 6 | 7 | 42 | 24 | | | | |
| 33 | 50 | 57,7 | 26 | 50 | 64 | 7 | 35 | 26 | 6 | 7 | 46 | 27 | | | | |
| 36 | 54 | 62,3 | 29 | 54 | 68 | 8 | 38 | 29 | 6 | 7 | 50 | 29 | | | | |
| 39 | 58 | 67 | 31 | 58 | 75 | 8 | 40 | 31 | 6 | 7 | 55 | 31 | | | | |
| 42 | 63 | 72,7 | 34 | 63 | 80 | 9 | 42 | 32 | 8 | 9 | 60 | 34 | | | | |
| 45 | 67 | 77,4 | 36 | 67 | 85 | 9 | 45 | 34 | 8 | 9 | 63 | 36 | | | | |
| 48 | 71 | 82 | 38 | 71 | 90 | 10 | 48 | 36 | 8 | 9 | 67 | 39 | | | | |

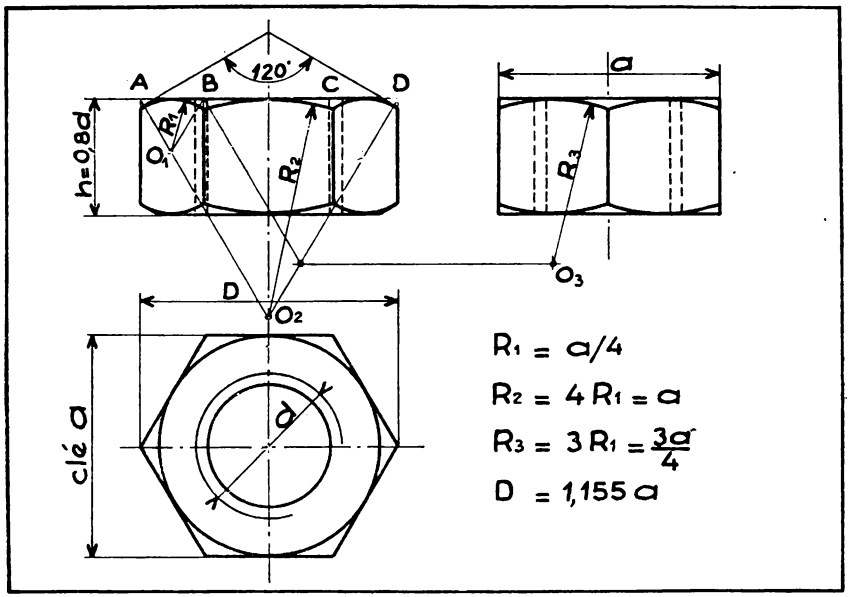
b) **Tracé du chanfrein.** La section plane du chanfrein conique par les faces latérales détermine des arcs d'hyperbole (voir p. 32) que l'on remplace par des arcs de cercle.

1. **Vue de face :** Tracer d'abord les courbes des faces latérales ; le tracé le plus précis consiste à prendre un rayon $R_1 = a/4$ (ou approximativement h/2 pour un écrou Hu). Pour la face centrale, prendre $R_2 = 4\ R_1$ ou a.
2. **Vue de gauche :** Prendre $R_3 = 3\ R_1$ ou $3\ a/4$.
3. **Vue de dessus :** La base du chanfrein est le cercle de diamètre a. Remarque : Les rayons $R_1$, $R_2$ et $R_3$ sont les hauteurs des triangles équilatéraux construits sur AB, AD, AC ; d'où la construction : voir figure.

c) **Tracé du trou taraudé.** On le supprime généralement en élévation et vue de gauche.

**Remarques :**

1. Pour les gros écrous, tracer le chanfrein en élévation ; pour les petits écrous, il se confond pratiquement avec l'arc de cercle de rayon $R_1$ ; sur la vue de gauche, le chanfrein conique n'apparaît pas.
2. Pour tracer directement la vue de face, prendre une largeur $D = 2\,a/\sqrt{3} = 1{,}155\ a$ environ (voir valeur de D sur le tableau des écrous) ; diviser cette largeur en quatre parties égales.
3. Tracer de la même façon les têtes des vis H et boulons H.



## 6. Lamages. Trous pour vis et boulons (NF. E. 27.040, 041, 042)

Deux diamètres de lamage sont prévus :

**le diamètre normal** c convient pour vis, boulons, écrous, rondelles normaux.

**le diamètre réduit** $c_1$ convient pour les rondelles Grower, les têtes de vis C, les têtes de boulons C, les écrous ronds, les vis à tête hexagonale réduite et tête carrée.

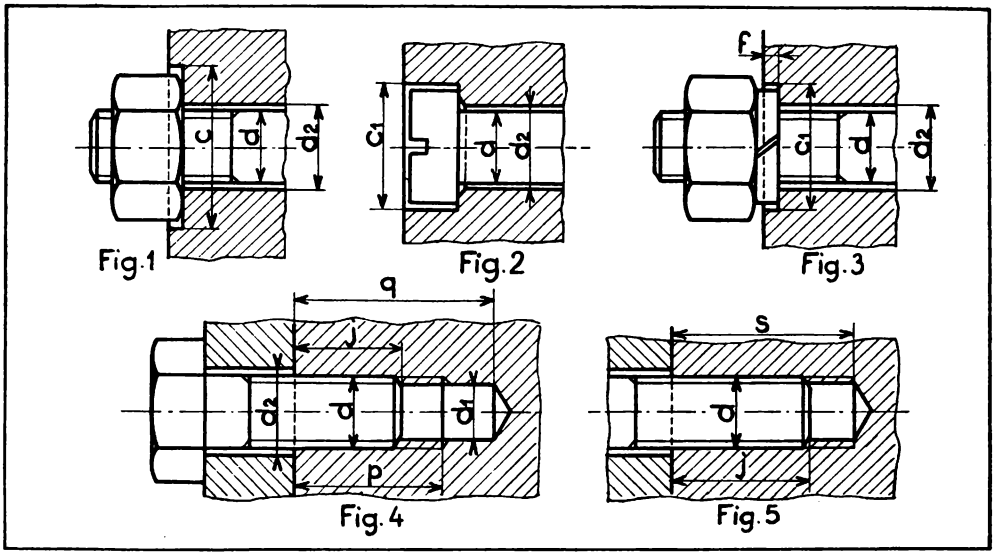



**Tableau des lamages et trous pour vis et boulons (Extrait)**

| d | c | $c_1$ | f | $d_1$ | j | | p | q | s | $d_2$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | métaux durs | métaux tendres | | | | fin | moyen | grossier |
| 3 | 8,5 | 6,5 | | 2,4 | 3 | 4,5 | j + 2 | j + 5 | j + 2 | 3,25 | 3,5 | 4 |
| 4 | 12 | 8 | | 3,25 | 4 | 6 | j + 2,5 | j + 6 | j + 2,5 | 4,25 | 4,5 | 5 |
| 5 | 14 | 10 | | 4,1 | 5 | 8 | j + 3 | j + 8 | j + 3 | 5,25 | 5,5 | 6 |
| 6 | 16 | 12 | 1,5 | 5 | 6 | 9 | j + 4 | j + 10 | j + 3,5 | 6,25 | 7 | 8 |
| 7 | 18 | 14 | 1,5 | 6 | 7 | 11 | j + 5 | j + 11 | j + 3,5 | 7,25 | 8 | 9 |
| 8 | 20 | 16 | 1,5 | 6,75 | 8 | 12 | j + 5 | j + 12 | j + 4 | 8,25 | 9 | 10 |
| 10 | 25 | 20 | 2 | 8,5 | 10 | 15 | j + 6 | j + 14 | j + 4,5 | 10,25 | 11 | 12 |
| 12 | 30 | 23 | 2,5 | 10,25 | 12 | 18 | j + 7 | j + 16 | j + 5 | 12,5 | 14 | 16 |
| 14 | 33 | 25 | 3 | 12 | 14 | 21 | j + 8 | j + 18 | j + 6 | 14,5 | 16 | 18 |
| 16 | 37 | 28 | 3 | 14 | 16 | 24 | j + 8 | j + 20 | j + 6 | 16,5 | 18 | 20 |
| 18 | 41 | 32 | 4 | 15,5 | 18 | 27 | j + 10 | j + 22 | j + 7 | 19 | 20 | 22 |
| 20 | 45 | 35 | 4 | 17,5 | 20 | 30 | j + 10 | j + 25 | j + 7,5 | 21 | 22 | 24 |
| 22 | 50 | 37 | 4 | 19,5 | 22 | 33 | j + 10 | j + 25 | j + 7,5 | 23 | 24 | 27 |
| 24 | 55 | 41 | 4 | 21 | 24 | 36 | j + 12 | j + 25 | j + 8,5 | 25 | 27 | 30 |
| 27 | 60 | 45 | 4 | 24 | 27 | 40 | j + 12 | j + 27 | j + 9 | 28 | 30 | 33 |
| 30 | 65 | 50 | 5 | 26,5 | 30 | 45 | j + 14 | j + 30 | j + 10 | 31 | 33 | 36 |
| 33 | 70 | 55 | 5 | 29,5 | 33 | 50 | j + 14 | j + 33 | j + 11 | 34 | 36 | 39 |
| 36 | 75 | 60 | 6 | 32 | 36 | 54 | j + 16 | j + 36 | j + 11 | 37 | 39 | 42 |
| 39 | 80 | 65 | 6 | 35 | 39 | 58 | j + 16 | j + 39 | j + 12 | | 42 | 45 |
| 42 | 85 | 70 | 7 | 37 | 42 | 63 | j + 18 | j + 42 | j + 13 | | 45 | 48 |
| 45 | 90 | 70 | 7 | 40 | 45 | 68 | j + 18 | j + 45 | j + 14 | | 48 | 52 |
| 48 | 95 | 75 | 8 | 43 | 48 | 72 | j + 20 | j + 48 | j + 14 | | 52 | 56 |

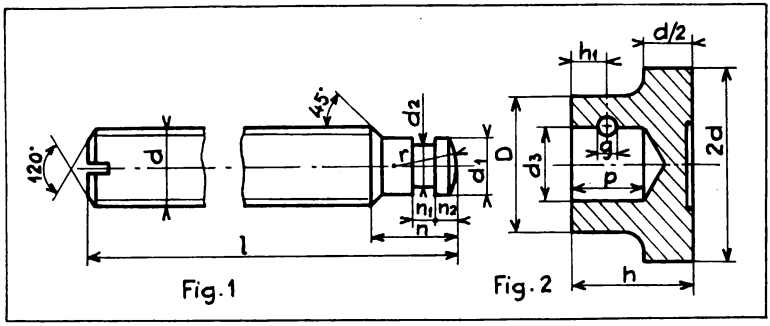
# 7. Vis de blocage - Patins - Têtes

(NF. E. 27.164 à 168, 209, 214, 215, 455 à 457)

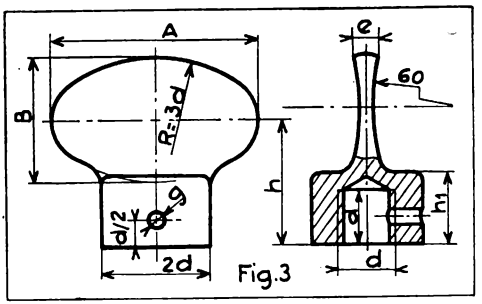
Les vis de blocage comportent un patin maintenu en translation par une goupille ; elles se font :
Sans tête, avec fente (fig. 1) pour diamètres de 4 à 36 ;
Avec tête « clé de violon » (fig. 3), pour diamètres de 6 à 16 ;
Avec tête moletée (fig. 4), pour diamètres de 4 à 16 ;
Avec tête à croisillon (fig. 5), pour diamètres de 8 à 16 ;
Avec tête à 4 bras (fig. 6), pour diamètres de 16 à 24 ;
Avec tête hexagonale (écrou H goupillé), pour diamètres de 20 à 36.

Ces têtes, fixées par goupille sur la vis, peuvent par ailleurs être utilisées comme écrous de blocage.

Désignation. Ex. : vis de blocage 16.95 ; patin 16 ; écrou à 4 bras 16.




| d | $d_1$ | $d_2$ | r | n | $n_1$ | $n_2$ | longueur l | $d_3$ | D | h | $h_1$ | p | g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 4,5 | 3 | 3,5 | 6,5 | 2,2 | 2 | 30 - 40 - 60 | 5 | 10 | 8 | 2,5 | 5 | 1,5 |
| 8 | 6 | 4 | 5 | 8,5 | 3 | 2,5 | 40 - 55 - 75 | 6,5 | 13 | 10 | 3 | 6 | 2 |
| 10 | 7,5 | 5,5 | 6 | 10 | 3 | 3 | 50 - 65 - 85 | 8 | 16 | 12 | 3,5 | 7 | 2 |
| 12 | 9 | 6 | 7 | 13 | 4,5 | 3,5 | 60 - 75 - 95 | 9,5 | 18 | 15 | 4,5 | 9 | 3 |
| 14 | 10,5 | 7,5 | 8,5 | 16 | 4,5 | 4 | 70 - 85 - 100 | 11 | 20 | 17,5 | 5,5 | 10,5 | 3 |
| 16 | 12 | 9 | 10 | 18 | 4,5 | 5 | 80 - 95 - 110 | 12,5 | 22 | 20 | 6,5 | 12 | 3 |
| 20 | 15 | 11 | 13 | 22 | 6 | 6,5 | 90 - 105 - 125 - 160 | 15,5 | 28 | 25 | 7,5 | 15 | 4 |
| 24 | 18 | 14 | 15,5 | 26 | 6 | 8 | 100 - 115 - 150 - 180 | 18,5 | 34 | 30 | 10 | 18 | 4 |




**Tête « Clé de violon »**

| d | A | B | h | $h_1$ | e | g |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 22 | 14 | 15 | 9 | 2 | 1,5 |
| 8 | 29 | 18 | 19 | 11 | 3 | 2 |
| 10 | 36 | 22 | 23 | 14 | 4 | 3 |
| 12 | 42 | 26 | 28 | 16 | 5 | 3 |
| 14 | 50 | 30 | 32 | 19 | 6 | 4 |
| 16 | 55 | 34 | 36 | 22 | 7 | 4 |

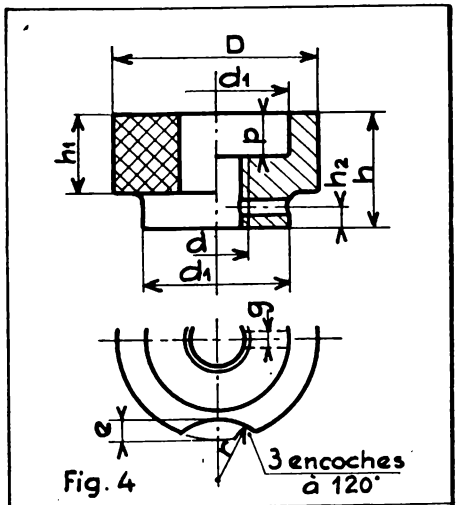



Fig. 4

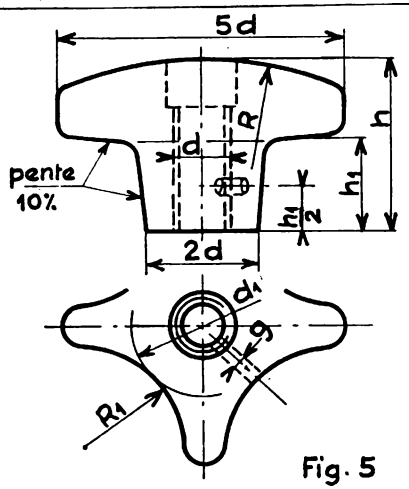



Fig. 5

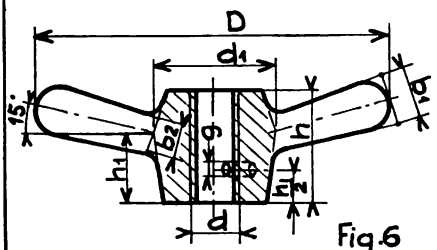



Fig. 6

**Tête ou écrou moleté**

| d | D | $d_1$ | h | $h_1$ | p | $h_2$ | r | e | g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 24 | 16 | 14 | 10 | — | 2,5 | 8 | 2 | 1,5 |
| 8 | 30 | 20 | 17 | 12 | 7 | 3 | 8 | 2,5 | 2 |
| 10 | 36 | 26 | 20 | 14 | 8 | 3,5 | 10 | 3 | 3 |
| 12 | 44 | 34 | 24 | 18 | 10 | 3,5 | 10 | 3,5 | 3 |
| 14 | 52 | 40 | 30 | 23 | 12 | 4 | 12 | 4 | 4 |
| 16 | 60 | 46 | 36 | 28 | 14 | 5 | 12 | 4,5 | 4 |

**Tête ou écrou à croisillon**

| d | h | $d_1$ | $h_1$ | R | $R_1$ | g |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 25 | 21 | 14 | 60 | 14 | 2 |
| 10 | 30 | 25 | 16 | 70 | 17 | 3 |
| 12 | 35 | 32 | 19 | 80 | 20 | 3 |
| 14 | 40 | 36 | 22 | 90 | 23 | 4 |
| 16 | 45 | 40 | 25 | 100 | 26 | 4 |

**Tête ou écrou à 4 bras**

| d | D | $d_1$ | h | $h_1$ | $b_1$ | $b_2$ | g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | 122 | 42 | 40 | 24 | 18 | 12 | 5 |
| 20 | 130 | 46 | 42 | 26 | 20 | 14 | 6 |
| 24 | 140 | 50 | 45 | 28 | 22 | 16 | 7 |

# 8. Rondelles - Goupilles - Freins d'écrous

## 1. RONDELLES NORMALISÉES (NF. E. 27.611 - 612 - 618).

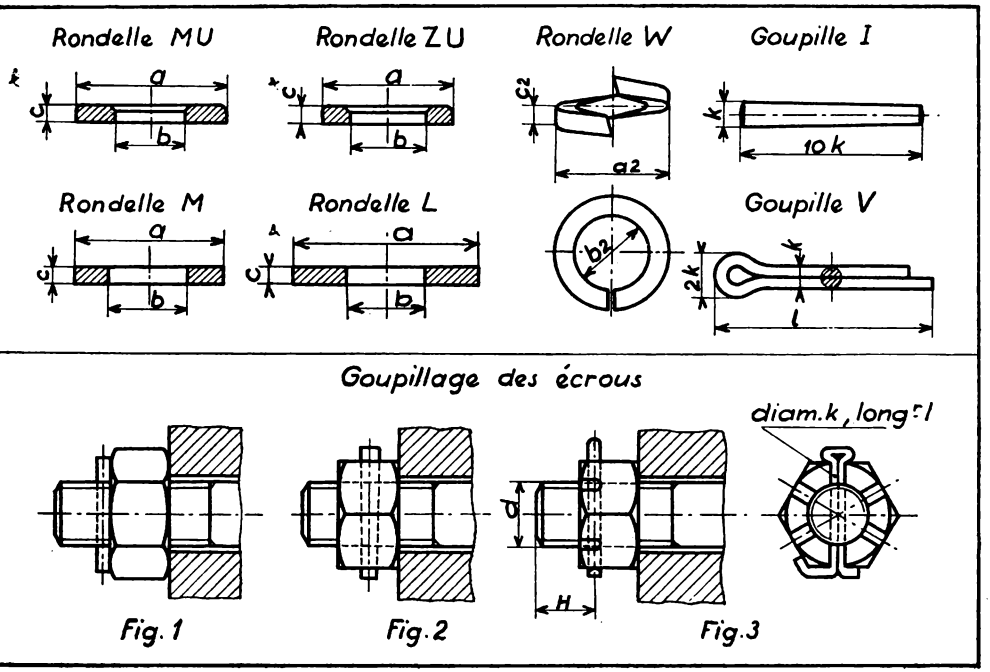
1. **Désignation :** Symbole de forme, suivi du diamètre du boulon sur lequel elle se place et du symbole d'usinage.
   Ex. : rondelle M. 14.U.
2. **Rondelles plates.** Elles comportent :
   a. **4 séries de largeurs :**
      Série étroite, symbole Z.
      Série moyenne, symbole M.
      Série large, symbole L.
      Série très large, symbole LL.
   b. **2 séries au point de vue finition :**
      Rondelles brutes, symbole N.
      Rondelles précises, symbole U.
      Les rondelles précises peuvent comporter un chanfrein intérieur à 90° facultatif (voir fig.).
3. **Rondelles Grower.** Ce sont des rondelles élastiques fabriquées en acier à ressort et utilisées comme freins d'écrou ; l'enroulement de l'hélice est à gauche ; le pas est égal à l'épaisseur de la rondelle. Quatre séries sont normalisées : deux séries courantes (symbole W) pour boulonnerie brute (tableau) ou boulonnerie fine et demi-fine ; série réduite (WZ) ; série forte (WL).
4. **Rondelles à dents :** voir p. 144.

## 2. GOUPILLES NORMALISÉES (NF. E. 27.481 et 484).

1. **Désignation :** symbole de forme, suivi du diamètre et de la longueur
   Ex. : goupille I. 4.40.
2. **Goupilles coniques.** Symbole I.
   La conicité est de 2 %.
   Diamètre k (au gros bout) : 1, 1,5, 2... 6, 7.... 12, 14, 16.
   Longueur normale : 10 k.
3. **Goupilles fendues.** Symbole V.
   Elles sont formées d'un fil demi-rond replié en formant un œil ; les branches sont sensiblement égales ; il existe également des goupilles à tête déportée et à branches inégales.
   Diamètres : 0,8 - 1 - 1,5 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 8 - 10 - 12.
   Longueurs (extrait) :

| Diamètre | Longueurs | Diamètre | Longueurs |
|---|---|---|---|
| 0,8 | 8 - 10 | 4 | 35 - 40 - 45 - 50 - 55 |
| 1 | 10 - 12 - 15 | 5 | 45 - 50 - 55 - 60 - 65 |
| 1,5 | 12 - 15 - 20 - 25 | 6 | 55 - 65 - 70 - 75 - 80 - 90 |
| 2 | 15 - 20 - 25 - 30 | 8 | 65 - 75 - 85 - 95 - 100 - 105 - 110 |
| 3 | 25 - 30 - 35 - 40 | | |

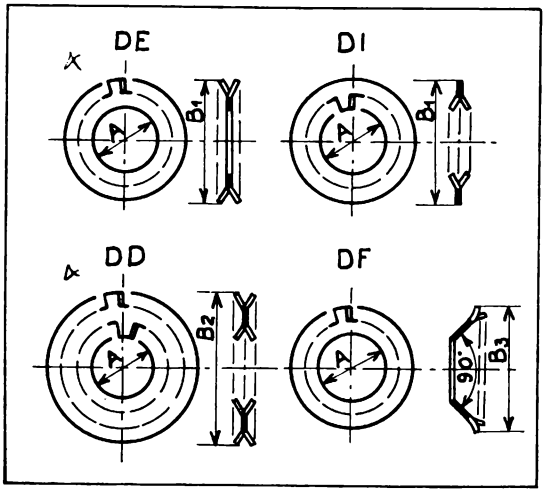
4. **Goupillage des écrous.** Les figures 1, 2, 3 montrent des exemples de goupillage contre l'écrou, au travers de l'écrou H, sur écrou HK. Le tableau donne le diamètre et la longueur des goupilles V à utiliser sur écrous H, HK ou HK dégagé (fig. 2 et 3).




## Tableau des rondelles et goupilles (Extrait)

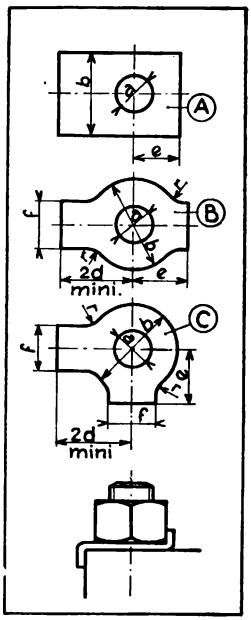
| d | a | | | | b | | c | $a_2$ | $b_2$ | $c_2$ | k | I | H minimum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Z | M | L | LL | U | N | | | | | | | |
| 3 | 6 | 8 | 12 | 14 | 3,25 | 3,5 | 0,8 | 5,4 | 3,4 | 1 | 0,8 | 10 | 1 |
| 4 | 8 | 10 | 14 | 16 | 4,25 | 4,5 | 0,8 | 7,5 | 4,5 | 1,5 | 1 | 12 | 2 |
| 5 | 10 | 12 | 16 | 20 | 5,25 | 5,5 | 1 | 8,5 | 5,5 | 1,5 | 1 | 15 | 2 |
| 6 | 12 | 14 | 18 | 24 | 6,25 | 7 | 1,2 | 10,6 | 6,6 | 2 | 1,5 | 20 | 2,5 |
| 7 | 14 | 18 | 20 | 27 | 7,25 | 8 | 1,5 | 11,6 | 7,6 | 2 | 1,5 | 20 | 2,5 |
| 8 | 16 | 22 | 22 | 30 | 8,25 | 9 | 1,5 | 14 | 9 | 2,5 | 1,5 | 25 | 2,5 |
| 10 | 20 | 27 | 27 | 36 | 10,25 | 11 | 2 | 17 | 11 | 3 | 2 | 30 | 3 |
| 12 | 24 | 16 | 32 | 40 | 12,50 | 14 | 2,5 | 21 | 14 | 3,5 | 2 | 35 | 3 |
| 14 | 27 | 30 | 36 | 45 | 14,50 | 16 | 2,5 | 24 | 16 | 4 | 3 | 40 | 4,5 |
| 16 | 30 | 32 | 40 | 50 | 16,50 | 18 | 3 | 26 | 18 | 4 | 3 | 40 | 4,5 |
| 18 | 32 | 36 | 45 | 55 | 19 | 20 | 3 | 30 | 20 | 5 | 4 | 45 | 6 |
| 20 | 36 | 40 | 50 | 60 | 21 | 22 | 3 | 32 | 22 | 5 | 4 | 50 | 6 |
| 22 | 40 | 45 | 55 | 65 | 23 | 24 | 3 | 34 | 24 | 5 | 4 | 55 | 6 |
| 24 | 45 | 50 | 60 | 70 | 25 | 27 | 4 | 38 | 26 | 6 | 5 | 60 | 7,5 |
| 27 | 48 | 55 | 65 | 75 | 28 | 30 | 4 | 42 | 30 | 6 | 5 | 65 | 7,5 |
| 30 | 52 | 60 | 70 | 80 | 31 | 33 | 4 | 47 | 33 | 7 | 6 | 70 | 9 |
| 33 | | 65 | 75 | 85 | 34 | 36 | 5 | 50 | 36 | 7 | 6 | 75 | 9 |
| 36 | | 70 | 80 | 90 | 37 | 39 | 5 | 55 | 39 | 8 | 6 | 80 | 9 |
| 39 | | 75 | 85 | 95 | 40 | 42 | 6 | 58 | 42 | 8 | 6 | 90 | 9 |
| 42 | | 80 | 90 | 100 | 43 | 45 | 6 | 63 | 45 | 9 | 8 | 95 | 12 |
| 45 | | 85 | 100 | 110 | 46 | 48 | 7 | 66 | 48 | 9 | 8 | 100 | 12 |
| 48 | | 90 | 105 | 120 | 49 | 52 | 7 | 71 | 51 | 10 | 8 | 105 | 12 |

**3. RONDELLES A DENTS** (NF. E. 27.618). Deux formes sont prévues :
Forme plate, pour vis ou écrous : à simple denture, soit extérieure (symbole DE), soit intérieure (DI), ou à double denture (DD). Diamètre d de 2 à 30.
Forme concave, pour vis à tête fraisée à 90° (DF). Diamètre d de 2,5 à 12.
Désignation. Ex. : rondelle à dents DE. 16.




| d | A | $B_1$ | $B_2$ | $B_3$ |
|---|---|---|---|---|
| 4 | 4,2 | 8 | 15,5 | 8 |
| 5 | 5,2 | 9,5 | 17,5 | 10 |
| 6 | 6,2 | 11 | 18,5 | 12 |
| (7) | 7,3 | 12,5 | 20,5 | 14 |
| 8 | 8,3 | 14 | 23 | 16 |
| 10 | 10,3 | 17,5 | 26 | 19 |
| 12 | 12,4 | 21 | 30 | 24 |
| 14 | 14,5 | 24 | 33 | |
| 16 | 16,5 | 27 | 36 | |
| 18 | 18,5 | 30 | | |
| 20 | 20,5 | 33 | | |
| 22 | 22,8 | 37 | | |
| 24 | 24,8 | 39 | | |

**4. PLAQUETTES ARRÊTOIRS** (NF. E. 27.614). Deux formes sont prevues :
Plaquettes rectangulaires (diamètre de 6 à 39).
Plaquettes à ailerons, droites ou d'équerre (d de 16 à 39).
Désignation. Ex. : frein droit à ailerons, en cuivre, de 18.




| d | a | b | e | f | ÉPAISSEUR ADx | ÉPAISSEUR Cuivre laiton |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 7 | 16 | | | 0,5 | 1 |
| (7) | 8 | 20 | | | 0,5 | 1 |
| 8 | 9 | 20 | | | 1 | 2 |
| 10 | 11 | 25 | | | 1 | 2 |
| 12 | 14 | 28 | | | 1 | 2 |
| 14 | 16 | 30 | | | 1 | 2 |
| 16 | 18 | 34 | 21 | 15 | 1 | 2 |
| 18 | 20 | 36 | 23 | 16 | 1 | 2 |
| 20 | 22 | 40 | 26 | 18 | 1 | 2 |
| 22 | 24 | 42 | 28 | 20 | 1 | 2 |
| 24 | 27 | 45 | 31 | 22 | 1,5 | 3 |
| 27 | 30 | 48 | 34 | 24 | 1,5 | 3 |
| 30 | 33 | 55 | 38 | 26 | 1,5 | 3 |

**5. GOUPILLES CANNELÉES** (L.G.C., 7, avenue de la Grande-Armée, Paris).

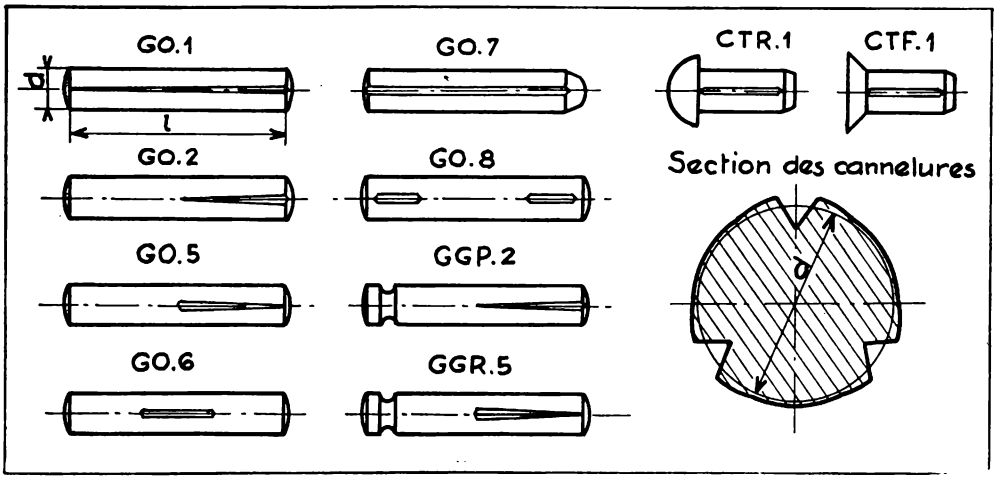
Ce sont des goupilles cylindriques présentant des cannelures sur la totalité ou une partie de la longueur (voir fig.) ; enfoncées dans un trou cylindrique, elles se maintiennent en place par déformation élastique des cannelures. Différents types : voir fig. Matière : acier étiré non recuit, ou XC. 10, XC. 35, etc.

Emplois : goupilles, butées, ergots, pieds de centrage, axes d'articulation, attaches de ressort, etc. ; les clous cannelés (CTR. 1 et CTF. 1) permettent la fixation de pièces minces sur une pièce épaisse.

Diamètres d = 1 - 1,2 - 1,5 - 2 - 2,5 - 3 ... 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 12 14 - 16.

Longueurs l = 4 - 5 - 6 ... 10 - 12 - 14 ... 40 - 45 - 50 ... 100 - 110 ... 160.

**Pour un diamètre d, longueur de 2 à 10 d environ.**



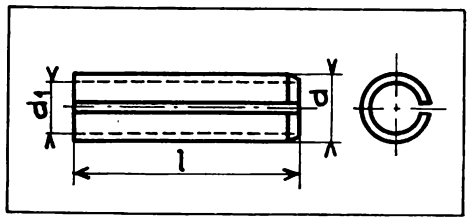

**6. GOUPILLES ET BAGUES ÉLASTIQUES** (Mécanindus, 54, rue Louis-Blanc, Courbevoie).

Ce sont des goupilles cylindriques fendues, obtenues par enroulement d'une tôle d'acier à haute résistance, et chanfreinées à une extrémité ; enfoncées dans un trou cylindrique, elles se maintiennent en place par déformation élastique ; elles sont légères et très résistantes au cisaillement. Deux types : série épaisse, d'utilisation courante (voir tableau), et série mince.

Emplois : goupilles, axes d'articulation, bagues de cisaillement et d'usure.

Diamètres d (après montage) : de 1 à 40.

Longueurs : 5 - 6 - 8 - 10 - 12 - 15 - 18 - 20 - 25 - 30 ... 60 - 70 - 80 ... 200.



| d | $d_1$ | l | d | $d_1$ | l |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 1,8 | 8 à 35 | 8 | 5 | 15 à 100 |
| 4 | 2,4 | 10 à 45 | 9 | 5 | 15 à 110 |
| 5 | 3 | 10 à 55 | 10 | 6 | 20 à 120 |
| 6 | 3,6 | 15 à 70 | 11 | 7 | 20 à 120 |
| 7 | 4 | 15 à 90 | 12 | 7 | 20 à 130 |

**7. ANNEAUX D'ARRET CIRCLIPS** (Debard, 57, boulevard de Picpus, Paris).

Les circlips sont des anneaux plats, ouverts, utilisés pour s'opposer au déplacement axial d'un organe placé dans un alésage ou sur un arbre (arrêt des axes d'articulation par exemple) ; deux formes : circlips intérieur (fig. 1) ou extérieur (fig. 2).

Leur élasticité permet leur mise en place par rapprochement ou écartement des extrémités, ainsi que leur maintien dans la gorge ; leur largeur variable assure une pression uniforme sur toute la périphérie ; deux trous permettent le démontage à l'aide d'une pince spéciale.

Le diamètre nominal d va de 5 (type intérieur) ou 6 (extérieur) à 300.

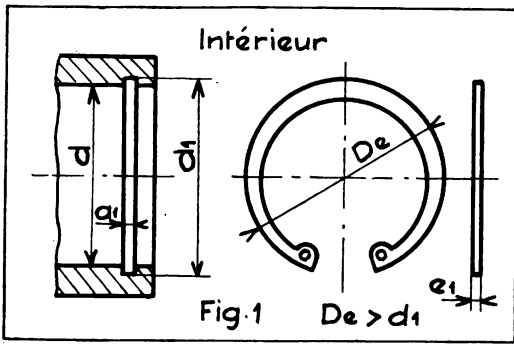


Fig.1 De > d1

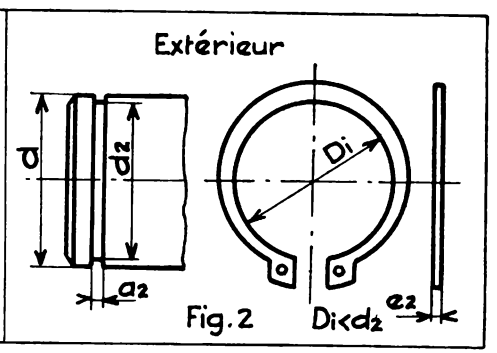


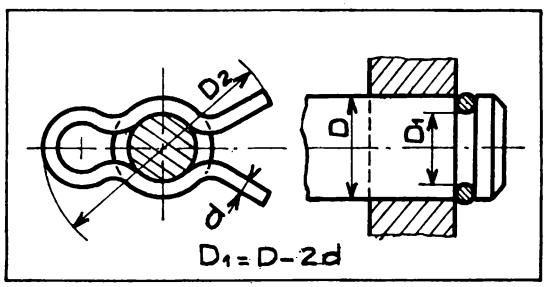
Fig.2 Di<d2

| d | $d_1$ | $e_1$ | $a_1$ | $d_2$ | $e_2$ | $a_2$ | d | $d_1$ | $e_1$ | $a_1$ | $d_2$ | $e_2$ | $a_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 8,4 | 0,4 | 0,5 | 7,46 | 0,6 | 0,7 | 22 | 23 | 1 | 1,1 | 21 | 1,2 | 1,3 |
| 10 | 10,5 | 0,6 | 0,7 | 9,46 | 0,6 | 0,7 | 24 | 25,2 | 1,2 | 1,3 | 23 | 1,2 | 1,3 |
| 12 | 12,5 | 1 | 1,1 | 11,5 | 1 | 1,1 | 27 | 28,3 | 1,2 | 1,3 | 25,8 | 1,2 | 1,3 |
| 14 | 14,6 | 1 | 1,1 | 13,4 | 1 | 1,1 | 30 | 31,5 | 1,2 | 1,3 | 28,5 | 1,5 | 1,6 |
| 16 | 16,7 | 1 | 1,1 | 15,3 | 1 | 1,1 | 33 | 34,6 | 1,2 | 1,3 | 31,4 | 1,5 | 1,6 |
| 18 | 18,8 | 1 | 1,1 | 17,2 | 1,2 | 1,3 | 36 | 38 | 1,5 | 1,6 | 34,2 | 1,75 | 1,85 |
| 20 | 21 | 1 | 1,1 | 19 | 1,2 | 1,3 | 39 | 41,3 | 1,5 | 1,6 | 37 | 1,75 | 1,85 |

**8. GOUPILLES CAVALIER** (Safil, Bonny-sur-Loire, Loiret).

Ce sont des pinces, en fil d'acier à ressort, destinées, comme les circlips, à maintenir en translation les axes d'articulation. Leur élasticité permet leur mise en place et leur maintien dans la gorge de l'axe ; leur forme permet un démontage facile.

Elles sont prévues pour axes de diamètre 2,5 à 18 ; la profondeur de la gorge est égale au diamètre du fil.




| D | d | $D_2$ | D | d | $D_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 1 | 16,5 | 12 | 1,5 | 30 |
| 7 | 1 | 20 | 14 | 1,5 | 32 |
| 8 | 1,2 | 22 | 16 | 1,5 | 34 |
| 10 | 1,5 | 27 | 18 | 2 | 48 |

# 9. Rivets (NF. E. 27.151 à 154)

1. **DEFINITION.** Tige cylindrique, présentant une tête, et dont l'extrémité est refoulée pour constituer la rivure.
2. **DESIGNATION.** Ex. : rivet R. 8. 40.
3. **FORME DES TETES ET DES RIVURES.**
   1. **Tête ronde.** Symbole R. C'est le rivet le plus employé. Il existe également des rivets avec arrondi sous la tête (symbole Ra), des rivets avec bavure sous la tête (Rb), des rivets à tête ronde étroite (Rm).
   2. **Tête goutte de suif.** Symbole G.
   3. **Tête fraisée,** plate ou bombée ; l'angle de la fraisure est 90° (symbole F), 60° (F) ou 120° (F).
      90 60 120
   4. **Tête cylindrique plate.** Symbole C.
      Tous ces rivets se font également avec tige forée, facilitant la formation de la rivure. Symbole : f. Ex. : rivet Gf. 4. 20.
4. **EMPLOI.** Charpente métallique : rivets R et F/90.
   Chaudronnerie : rivets Ra, Rb et G.
5. **DIMENSIONS.**
   Diamètres du corps : pris dans la série S.I. ; jusqu'à 45 pour rivets R, 27 pour rivets G et F/90, 45 pour rivets F/60, 10 pour rivets F/120 et C.
   Longueur du corps : longueur avant formation de la rivure, tête non comprise, sauf pour les rivets F. Choisir dans les longueurs normalisées des vis et boulons (voir page 135) en ajoutant les longueurs 32 et 38.
   Têtes : voir figure et tableau.

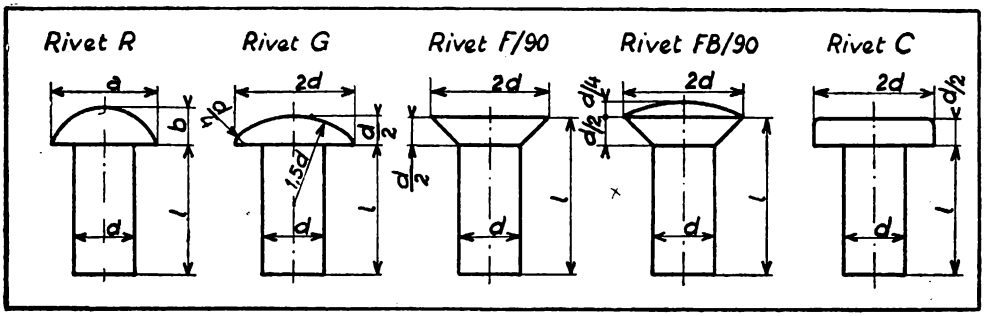



**Tableau des dimensions** (Extrait)

| d | a | b | d | a | b | d | a | b |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 3,5 | 1,5 | 9 | 16 | 6 | 20 | 34 | 14 |
| 3 | 5,5 | 2,5 | 10 | 17 | 7 | 22 | 38 | 16 |
| 4 | 7 | 3 | 11 | 19 | 8 | 24 | 41 | 17 |
| 5 | 9 | 4 | 12 | 21 | 8 | 27 | 46 | 19 |
| 6 | 11 | 4,5 | 14 | 24 | 10 | 30 | 51 | 21 |
| 7 | 12 | 5 | 16 | 28 | 11 | 33 | 56 | 23 |
| 8 | 14 | 5,5 | 18 | 31 | 12 | | | |

# 10. Boulons et vis à bois

**BOULONS** (NF. E. 27.341, 342, 351 à 354).

**1. DIFFERENTS TYPES.**

1. **Boulons de « charpente en bois ».** Tête carrée. Pas de symbole particulier. Diamètre de 12 à 30 ; dimensions des têtes et longueurs minimales de filetage : voir tableau ; longueurs de tige multiples de 20.
2. **Boulons à tête fraisée.** Angle au sommet de la tête : 120°. Deux formes : tête plate ou bombée ; chacune d'elles se fait soit avec ergot (symboles F/120.E et FB/ 120.E), soit avec collet carré sous la tête (symboles F/120.X et FB/120.X). Diamètre de 5 à 30 ; longueurs de tige et de filetage : voir page 134.
3. **Boulons à tête bombée, collet carré,** dits boulons « Japy ». Symbole J. Diamètre de 5 à 30 ; longueurs de tige et de filetage : voir page 134.
4. **Boulons de charrue.** Tête fraisée, avec ergot ou collet carré sous la tête ; l'angle au sommet du cône est de 90° ou 75° pour le premier (symboles F/90.E et F/75.E), de 90° pour le deuxième (F/90.X). Diamètre de 8 à 16 ; longueurs de tige et de filetage : voir page 134.

**2. DESIGNATION.** Ex. : Boulon J. M 12-100.

**3. EMPLOI.** Les boulons à tête carrée et à tête fraisée à 120° sont employés en charpente en bois, les autres en carrosserie et charronnerie. Tous ces boulons restent bruts ; ils s'emploient avec l'écrou carré normal Q (p. 137). L'ergot et le collet forment eux-mêmes leur logement par enfoncement du boulon à coups de marteau.

**VIS** (NF. E. 27.141 à 144).

**1. DIFFERENTES SORTES.**
**Vis à tête ronde.** Diamètre de 1,6 à 14.
**Vis à tête fraisée,** plate ou bombée. Diamètre de 1,6 à 14.
**Vis à tête carrée.** Diamètre de 5 à 24.

**2. DESIGNATION.** Eviter l'emploi de symboles par risque de confusion avec les vis à métaux.
Exemple de désignation : vis à bois, tête ronde, de 8 × 50.

**3. DIMENSIONS.**
d = 1,6 - 1,8 - 2 - (2,25) - 2,5 - (2,75) - 3..., etc. (Série S.I.)
Longueur : 6 à 160, suivant diamètre, 15 à 200 pour les vis à tête carrée.

**4. EMPLOI :** serrage d'une pièce en matière quelconque sur une pièce en bois dans laquelle la vis taraude elle-même son trou, après perçage d'un avant-trou à la mèche ; pour faciliter le vissage, on termine les vis par une partie conique.

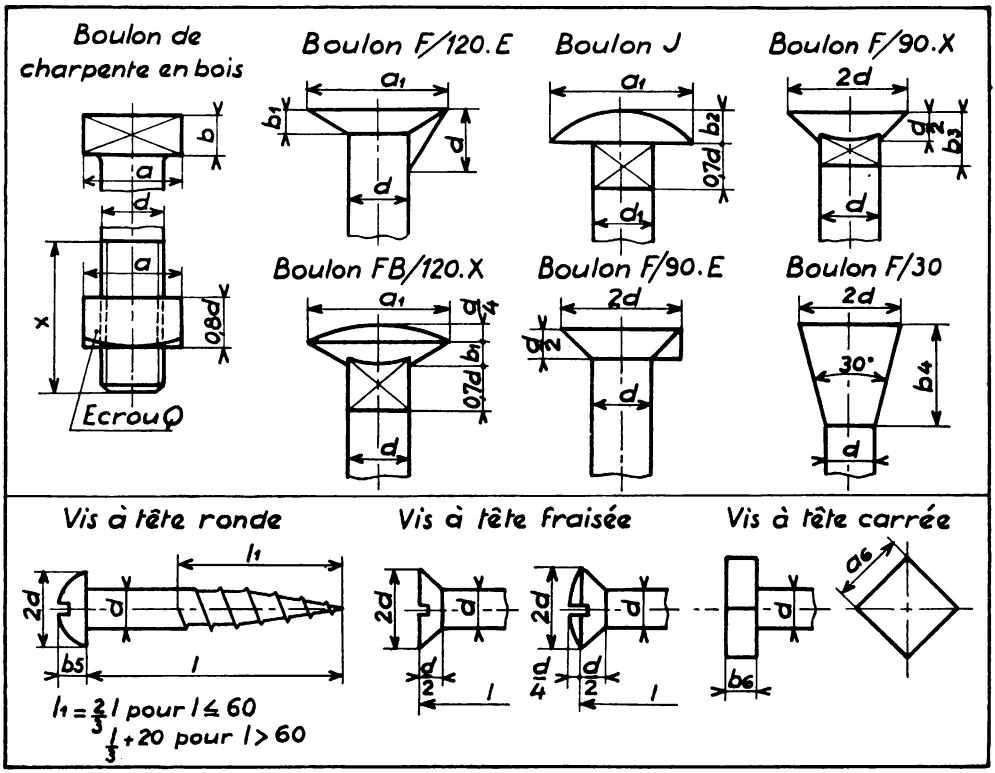



**Tableau des boulons et vis à bois** (Extrait)

| d | a | b | x mini | $a_1$ | $b_1$ | $b_2$ | $b_3$ | $b_4$ | $b_5$ | $a_6$ | $b_6$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | | | | | | | | | 2,25 | | |
| 4 | | | | | | | | | 3 | | |
| 5 | | | | 14 | 2,6 | 3 | | | 3,75 | 8 | 4,5 |
| 6 | | | | 16 | 2,9 | 3,5 | | 11,2 | 4,5 | 10 | 5 |
| 7 | | | | 18 | 3,2 | 4 | | 13,1 | 5,25 | 12 | 5 |
| 8 | | | | 20 | 3,5 | 4,5 | 7 | 14,9 | 6 | 14 | 6 |
| 10 | | | | 24 | 4 | 5,5 | 8 | 18,7 | 7,5 | 17 | 7 |
| 12 | 19 | 8 | 42 | 28 | 4,6 | 7 | 10 | 22,4 | 9 | 21 | 9 |
| 14 | 22 | 9 | 49 | 32 | 5,2 | 9 | 11 | 26,1 | 10,5 | 23 | 10 |
| 16 | 24 | 10 | 56 | 36 | 5,8 | 11 | 12 | 29,9 | | 26 | 12 |
| 18 | 27 | 12 | 63 | 40 | 6,4 | 12 | | | | 29 | 13 |
| 20 | 30 | 13 | 70 | 44 | 7 | 13 | | | | 32 | 14 |
| 22 | 32 | 14 | 77 | 48 | 7,5 | 14 | | | | 35 | 15 |
| 24 | 36 | 15 | 84 | 52 | 8,1 | 15 | | | | 38 | 17 |
| 27 | 41 | 17 | 95 | 58 | 8,9 | 17 | | | | | |
| 30 | 46 | 19 | 105 | 64 | 9,8 | 19 | | | | | |

# 11. Tubes filetés

(NF. E. 29.025, 026, 027, 029, 03.004 et 03.005)

Les tubes filetés dits « tubes gaz » sont filetés au « pas du gaz » ; c'est un filet Whitworth à pas fin. Forme du filet : voir p. 107. Valeur du pas : voir tableau ci-dessous.

Les tubes gaz s'assemblent par vissage dans un manchon cylindrique (fig.) ; suivant que l'on désire un assemblage étanche ou non, l'extrémité filetée du tube est conique ou cylindrique.

Désignation d'un filetage gaz : symbole G suivi du diamètre du tube en pouces ; ex. : G 2 1/2.

Il existe deux séries de tubes normalisés : le tube gaz normal (série moyenne et série légère) et le tube gaz renforcé. Le tableau ci-dessous donne les épaisseurs des séries moyenne et légère du tube gaz normal.

Désignation d'un tube : par son diamètre en pouces (1re colonne) suivi de l'indication du procédé de fabrication et de l'état de livraison. Ex. : tube gaz 2, série moyenne, NF. E. 29.025, sans soudure, galvanisé, fileté et manchonné. Ancienne dénomination : diamètres intérieur et extérieur approximatifs. Ex. : tube de 50 × 60.

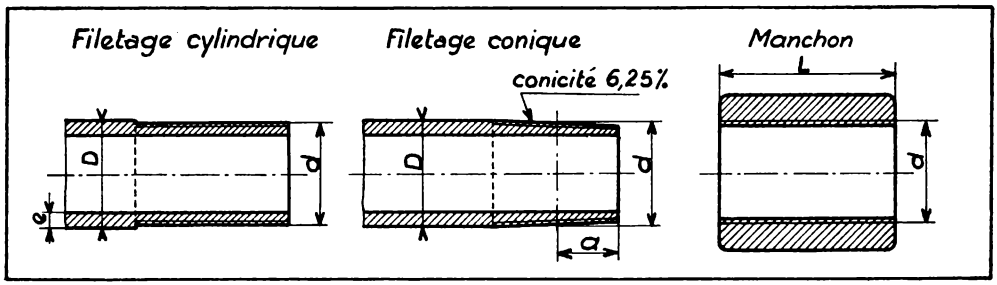



**Tableau** (Extrait)

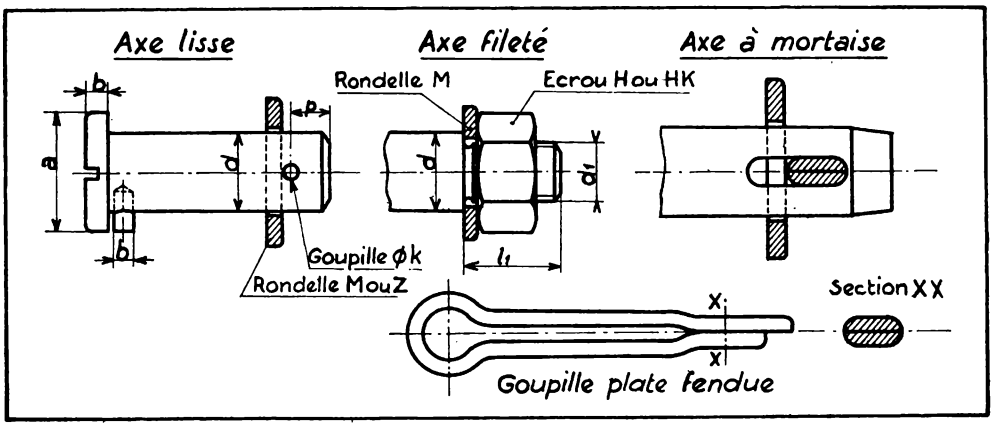
| Dénomination | Diamètre extérieur approxima. D | ÉPAISSEUR moyenne | ÉPAISSEUR mince | Diamètre du filetage d | Pas | Diamètre du noyau | Distance a | L | Ancienne dénomination |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/8 | 10,2 | 2 | 1,8 | 9,728 | 0,907 | 8,566 | 3,1 à 4,9 | 17 | 5 - 10 |
| 1/4 | 13,5 | 2,35 | 2 | 13,157 | 1,337 | 11,445 | 4,7 à 7,3 | 25 | 8 - 13 |
| 3/8 | 17,2 | 2,35 | 2 | 16,662 | 1,337 | 14,950 | 5,1 à 7,7 | 26 | 12 - 17 |
| 1/2 | 21,3 | 2,65 | 2,35 | 20,955 | 1,814 | 18,631 | 6,4 à 10 | 34 | 15 - 21 |
| 3/4 | 26,9 | 2,65 | 2,35 | 26,441 | 1,814 | 24,117 | 7,7 à 11,3 | 36 | 20 - 27 |
| 1 | 33,7 | 3,25 | 2,90 | 33,249 | 2,309 | 30,291 | 8,1 à 12,7 | 43 | 26 - 34 |
| 1 1/4 | 42,4 | 3,25 | 2,90 | 41,910 | 2,309 | 38,952 | 10,4 à 15 | 48 | 33 - 42 |
| 1 1/2 | 48,3 | 3,25 | 2,90 | 47,803 | 2,309 | 44,845 | 10,4 à 15 | 48 | 40 - 49 |
| 2 | 60,3 | 3,65 | 3,25 | 59,614 | 2,309 | 56,656 | 13,6 à 18,2 | 56 | 50 - 60 |
| 2 1/2 | 76,1 | 3,65 | 3,25 | 75,184 | 2,309 | 72,226 | 14 à 21 | 65 | 66 - 76 |
| 3 | 88,9 | 4,05 | 3,25 | 87,884 | 2,309 | 84,926 | 17,1 à 24,1 | 71 | 80 - 90 |
| 3 1/2 | 101,6 | 4,05 | 3,65 | 100,330 | 2,309 | 97,372 | 18,7 à 25,7 | 75 | 90 - 102 |
| 4 | 114,3 | 4,50 | 3,65 | 113,030 | 2,309 | 110,072 | 21,9 à 28,9 | 83 | 102 - 114 |

# 12. Axes d'articulation

(E. 27.381, 382, 485)

Les axes normalisés comportent un corps cylindrique terminé par une tête cylindrique plate.

1. **Immobilisation en rotation :** par un ergot placé sous la tête ou par un trait de scie pour tournevis.
2. **Fixation de l'axe.** Elle peut se faire :
   a) **Par goupille,** avec ou sans rondelle. Employer la rondelle Z jusqu'au diamètre 16, la rondelle M au-delà. Diamètre de 4 à 80.
   b) **Par filetage et écrou,** avec ou sans rondelle. Employer l'écrou H ou l'écrou HK. Diamètre de 6 à 80.
   c) **Par mortaise et goupille** plate fendue, avec ou sans rondelle. Diamètre de 18 à 80.
3. **Désignation. Ex. :** Axe fileté de 20.65 à ergot.
4. **Dimensions.**
   Diamètres et pas : série des filetages métriques, avec filet I.S.O.
   Longueur : à choisir d'après l'épaisseur des pièces à réunir.
   Autres dimensions : voir tableau.
5. **Remarque.** On peut également employer des axes lisses sans tête, goupillés des deux côtés, et des axes maintenus en place par des circlips ou goupilles Cavalier logés dans des gorges (p. 146).




| d | a | b | Goupille | $d_1$ | $l_1$ | p minimum | d | a | b | Goupille | $d_1$ | $l_1$ | p minimum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 10 | 2,5 | V. 2.15 | 5 | 8 | 3 | 24 | 36 | 6,5 | V. 6.55 | 18 | 29 | 8 |
| 7 | 11 | 2,5 | 2.15 | 6 | 10 | 3 | 27 | 39 | 6,5 | 6.55 | 20 | 31 | 8 |
| 8 | 12 | 2,5 | 2.20 | 6 | 10 | 3 | 30 | 42 | 8 | 8.65 | 22 | 33 | 9 |
| 10 | 16 | 3,5 | 3.25 | 8 | 13 | 4,5 | 33 | 45 | 8 | 8.65 | 22 | 33 | 9 |
| 12 | 20 | 3,5 | 3.25 | 10 | 16 | 4,5 | 36 | 48 | 9 | 8.75 | 24 | 37 | 9 |
| 14 | 22 | 4,5 | 4.35 | 12 | 19 | 6 | 39 | 52 | 9 | 8.75 | 27 | 40 | 9 |
| 16 | 24 | 4,5 | 4.35 | 12 | 19 | 6 | 42 | 56 | 10 | 10.85 | 30 | 45 | 10 |
| 18 | 27 | 5,5 | 5.45 | 14 | 22 | 7,5 | 45 | 60 | 10 | 10.85 | 30 | 45 | 10 |
| 20 | 30 | 5,5 | 5.45 | 16 | 25 | 7,5 | 48 | 64 | 11 | 10.95 | 33 | 48 | 10 |
| 22 | 33 | 5,5 | 5.45 | 16 | 25 | 7,5 | 52 | 68 | 11 | 10.95 | 36 | 53 | 10 |

# D. - Organes de transmission

## 1. Arbres de transmission

1. **DIAMETRES** (NF. E. 22.100). Les diamètres normalisés sont :
20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 150.
Le diamètre réel de l'arbre ne doit pas dépasser la cote nominale, toute tolérance étant prise en moins.
2. **VITESSES DE ROTATION** en nombre de tours par minute (NF. E. 22.003). Série R. 10 des nombres normaux de 25 à 3150 (voir page 124).
3. **ARBRES A ECHELONS** (NF. E. 22.121). Rayon des congés de raccordement des arbres, et des arrondis de moyeux correspondants ; hauteur des chanfreins (fig. 1).
Série normale : série Ra 5 des dimensions nominales de 1 à 250.
Série secondaire : série Ra 10 (voir page 125).

## 2. Bouts d'arbres

(E. 22.101, 102, 103, 104)

1. **BOUTS D'ARBRES CYLINDRIQUES** (fig. 2).
Dimensions : voir page suivante (extrait partiel des normes).
Tolérances sur diamètre a : de 6 à 50 inclus : j6.
de 50 à 120 inclus : k6.
Tolérances du moyeu : poulies et accouplements flexibles : H7.
accouplements rigides et roues dentées : K7.
Clavetages : voir page 154.
2. **BOUTS D'ARBRES CONIQUES** (fig. 3). La conicité est de 10 %. Le diamètre du filetage n'est pas impératif ; le choix du pas est libre. Le filetage peut être remplacé par un taraudage, avec vis en bout ; dans ce cas, la longueur totale est l ou l'. Deux longueurs sont prévues : longueur l pour la série ordinaire, longueur l' pour la série courte.
Clavetage : parallèle à l'axe, déterminé par le diamètre moyen du cône.

## 3. Bagues d'arrêt

1. **BAGUES EN ACIER** (E. 22.161). Deux séries sont prévues (fig. 4) :
**Série étroite :** fixation par vis à bout pointu.
**Série large :** fixation par vis à bout pointu ou à cuvette.
Employer les vis à bout pointu lorsque la bague subit une poussée latérale.
2. **BAGUES EN FONTE** (E. 22.162). Deux séries sont prévues :
**Bagues en une pièce** (fig. 4) ; elles ont même forme que les bagues en acier, mais sont plus épaisses et plus larges ; fixation par vis à bout pointu ou à cuvette.
**Bagues en deux pièces** (fig. 5) : fixation par pinçage de l'arbre au moyen de vis d'assemblage ou de boulons.
**Désignation.** Ex. : bague d'arrêt en fonte, en deux pièces, de 50.

Congés. Arrondis. Chanfreins.

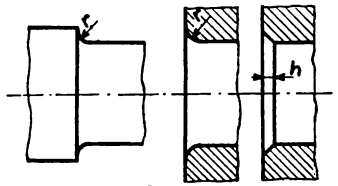



Fig. 1

Bouts d'arbres

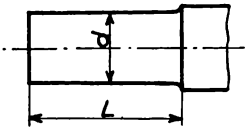
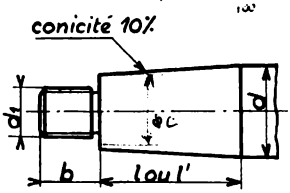



Fig. 2




l' = d Fig. 3

Bagues en une pièce
Acier ou fonte

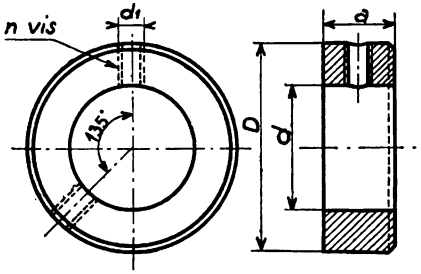



Fig. 4

Bagues en 2 pièces
Fonte

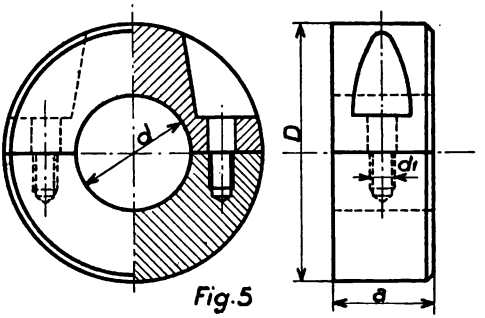



Fig. 5

**Bouts d'arbres**

| d | L | l | $d_1$ | b | d | L | l | $d_1$ | b | d | L | l | $d_1$ | b |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | 40 | 28 | 10 | 12 | 30 | 80 | 58 | 20 | 22 | 50 | 110 | 82 | 33 | 28 |
| 18 | 40 | 28 | 10 | 12 | 32 | 80 | 58 | 20 | 22 | 55 | 110 | 82 | 33 | 28 |
| 20 | 50 | 36 | 12 | 14 | 35 | 80 | 58 | 22 | 22 | 60 | 140 | 105 | 42 | 35 |
| 22 | 50 | 36 | 12 | 14 | 38 | 80 | 58 | 22 | 22 | 70 | 140 | 105 | 48 | 35 |
| 25 | 60 | 42 | 16 | 18 | 40 | 110 | 82 | 27 | 28 | 80 | 170 | 130 | 60 | 40 |
| 28 | 60 | 42 | 16 | 18 | 45 | 110 | 82 | 27 | 28 | | | | | |

**Bagues d'arrêt**

| d | Bagues en acier | | | | | | | | Bagues en fonte | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Série étroite | | | | Série large | | | | En une pièce | | | | En deux pièces | | |
| | D | a | $d_1$ | n | D | a | $d_1$ | n | D | a | $d_1$ | n | D | a | $d_1$ |
| 20 | 35 | 7 | 4 | 2 | 35 | 13 | 6 | 1 | 45 | 18 | 8 | 1 | 70 | 27 | 6 |
| 25 | 40 | 8 | 4 | 2 | 45 | 15 | 8 | 1 | 58 | 19 | 8 | 1 | 85 | 30 | 8 |
| 30 | 45 | 8 | 5 | 2 | 50 | 15 | 8 | 1 | 58 | 21 | 8 | 1 | 85 | 30 | 8 |
| 35 | 50 | 8 | 5 | 2 | 55 | 16 | 8 | 1 | 65 | 22 | 8 | 1 | 100 | 36 | 10 |
| 40 | 55 | 9 | 5 | 2 | 60 | 18 | 10 | 1 | 72 | 24 | 10 | 1 | 100 | 36 | 10 |
| 45 | 65 | 10 | 5 | 2 | 70 | 18 | 10 | 1 | 80 | 25 | 10 | 1 | 110 | 40 | 10 |
| 50 | 70 | 10 | 6 | 2 | 75 | 18 | 10 | 1 | 85 | 27 | 10 | 1 | 110 | 40 | 10 |
| 60 | 80 | 11 | 6 | 2 | 90 | 20 | 10 | 2 | 100 | 30 | 10 | 2 | 125 | 45 | 12 |
| 70 | 90 | 13 | 8 | 2 | 100 | 20 | 10 | 2 | 115 | 33 | 10 | 2 | 140 | 45 | 12 |
| 80 | 100 | 14 | 8 | 2 | 115 | 23 | 10 | 2 | 130 | 36 | 12 | 2 | 155 | 50 | 14 |

# 4. Clavettes longitudinales

(E. 22.171 et 172 - E. 27.651, 652, 653)

1. **BUT :** fixation de roues, poulies, engrenages, etc., sur un arbre.

2. **MODE D'ACTION.** Deux cas :
   a) **Clavetage forcé,** dans lequel le moyeu est solidaire de l'arbre en rotation et translation. Les clavettes employées sont dites « inclinées » car la face supérieure présente une pente de 1 % ; l'entraînement se fait par coincement de la clavette entre le fond de la rainure de l'arbre et celle du moyeu. Un très léger jeu latéral facilitera la mise en place de la clavette.
   b) **Clavetage libre,** dans lequel le moyeu n'est solidaire de l'arbre qu'en rotation. Les clavettes employées sont dites « parallèles », car elles ne présentent pas de pente ; elles agissent par leurs faces latérales, qui doivent être ajustées dans l'arbre et le moyeu (assemblage « glissant » par exemple) ; par contre, un léger jeu entre la clavette et le fond de la rainure du moyeu facilitera le montage.
   Si le moyeu doit pouvoir glisser sur l'arbre, fixer la clavette par vis ; si le moyeu doit être fixe, l'arrêter dans le sens longitudinal (vis, bague d'arrêt, etc.).

3. **CLAVETTES INCLINEES** (voir figures et tableau ci-contre).
   a) **Clavette sans talon,** à bouts ronds (fig. 5) ; elle est encastrée dans l'arbre et le moyeu est forcé sur elle.
   b) **Clavettes à talon ;** elles sont forcées entre l'arbre et le moyeu.
   **Clavette ordinaire** (fig. 3 et 6).
   **Clavette mince,** non encastrée dans l'arbre (fig. 4 et 7).

4. **CLAVETTES PARALLELES** (voir figures et tableau page 146).
   a) **Clavettes ordinaires,** à bouts plats (A) ou ronds (B).
   b) **Clavettes fixées par vis,** à bouts plats (A) ou ronds (B). Elles présentent un trou taraudé pour faciliter le démontage, une vis de fixation étant employée comme vis de décollage.
   c) **Clavettes disques,** employées sur les arbres de petit diamètre.
   d) **Clavettes bateau,** maintenues en place par un ergot.

5. **DIMENSIONS.** La section de la clavette est donnée en fonction du diamètre de l'arbre (voir tableaux) ; choisir la longueur dans la série des nombres suivants : 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500.
   **Position de la clavette** par rapport à l'arbre et au moyeu : elle est donnée par les cotes t, $t_1$, $t_2$, $t_3$ (voir figures et tableaux).
   **Cotation :** voir figures 1, 2, 3, 4, page 146.

6. **DESIGNATION.** Donner la forme, la section, la longueur.
   Ex. : Clavette parallèle à bouts ronds de 12 × 8 × 50.
   Clavette disque de 8 × 11.

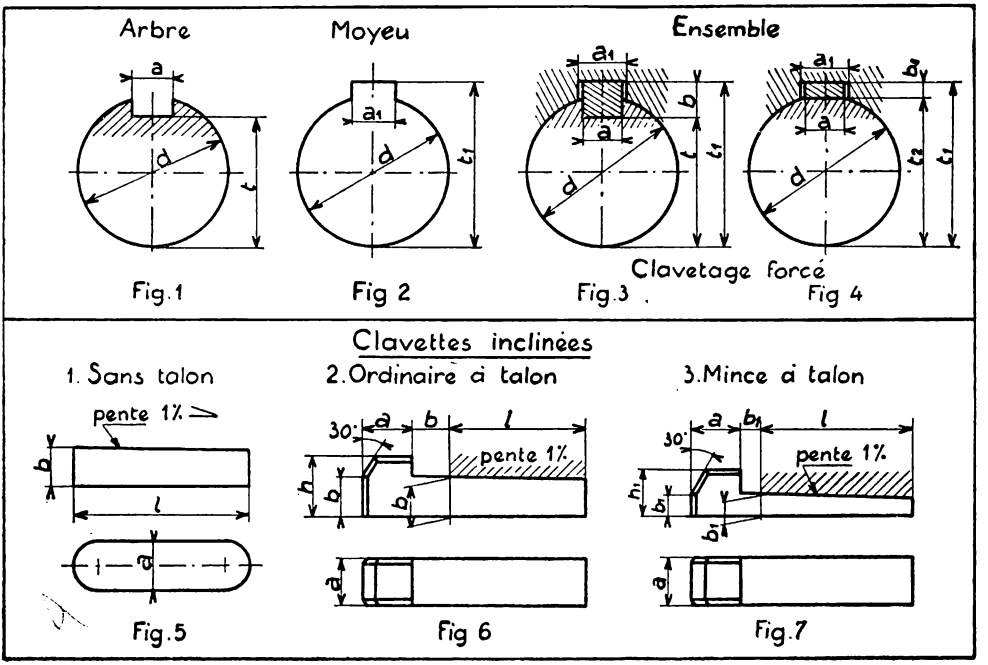
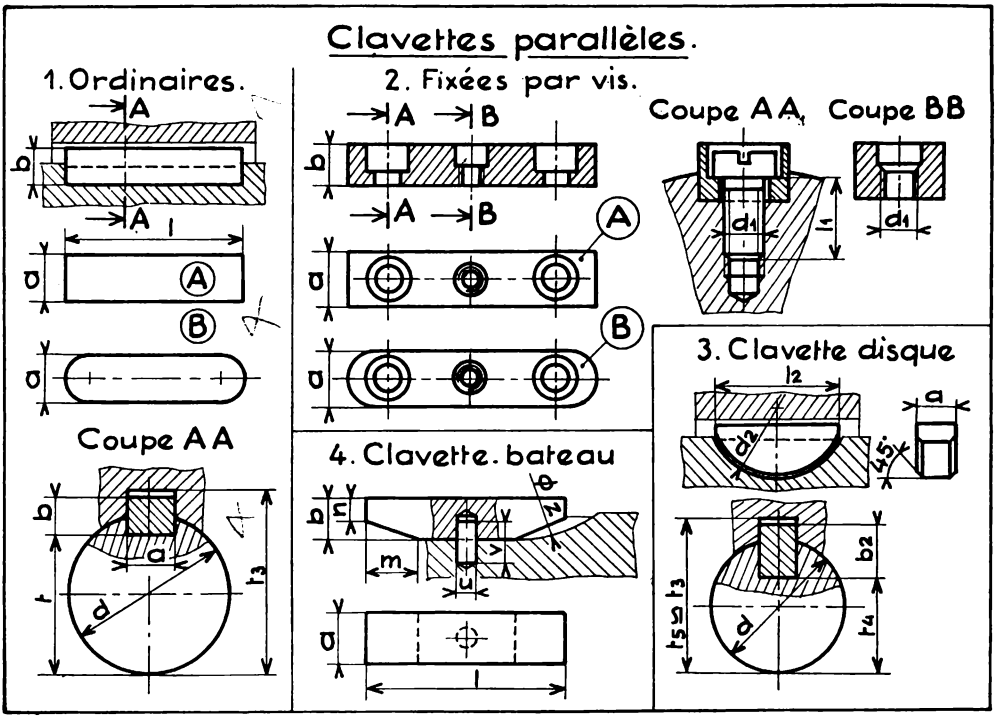



Fig.1 Fig 2 Fig.3 Fig 4

Fig.5 Fig 6 Fig.7

| d | a | b | h | $b_1$ | $h_1$ | t | $t_1$ | $t_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 - 10 | 3 | 3 | 5 | | | d — 1,8 | d + 1,2 | |
| 11 - 12 | 4 | 4 | 7 | | | d — 2,5 | d + 1,5 | |
| 13 à 17 | 5 | 5 | 8 | | | d — 3 | d + 2 | |
| 18 à 22 | 6 | 6 | 9 | | | d — 3,5 | d + 2,5 | |
| 23 à 30 | 8 | 7 | 10 | 4 | 7 | d — 4 | d + 3 | d — 1 |
| 31 à 38 | 10 | 8 | 12 | 4 | 9 | d — 5 | d + 3 | d — 1 |
| 39 à 44 | 12 | 8 | 12 | 4 | 9 | d — 5 | d + 3 | d — 1 |
| 45 à 50 | 14 | 9 | 14 | 5 | 10 | d — 5,5 | d + 3,5 | d — 1,5 |
| 51 à 58 | 16 | 10 | 15 | 6 | 11 | d — 6 | d + 4 | d — 2,5 |
| 59 à 68 | 18 | 11 | 16 | 6,5 | 13 | d — 7 | d + 4 | d — 2,5 |
| 69 à 78 | 20 | 12 | 19 | 7 | 15 | d — 7,5 | d + 4,5 | d — 2,5 |
| 79 à 92 | 24 | 14 | 22 | 8 | 17 | d — 8,5 | d + 5,5 | d — 2,5 |
| 93 à 110 | 28 | 16 | 26 | 9 | 20 | d — 10 | d + 6 | d — 3 |
| 111 à 130 | 32 | 18 | 29 | 10 | 22 | d — 11 | d + 7 | d — 3 |
| 131 à 150 | 36 | 20 | 32 | 11 | 25 | d — 12 | d + 8 | d — 3 |
| 151 à 170 | 40 | 22 | 34 | 13 | 28 | d — 13 | d + 9 | d — 4 |
| 171 à 200 | 45 | 25 | 39 | 15 | 32 | d — 15 | d + 10 | d — 5 |
| 201 à 230 | 50 | 28 | 44 | | | d — 17 | d + 11 | |

# Clavettes parallèles.




| d | a | b | t | $t_3$ | $d_1$ | $l_1$ | $b_2$ | $l_2$ | $d_2$ | $t_4$ | m | n | z | u | v |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 - 10 | 3 | 3 | d — 1,8 | d + 1,4 | | | 3,7 | 9 | 10 | d — 2,7 | | | | | |
| 11 - 12 | 4 | 4 | d — 2,5 | d + 1,7 | | | 5 | 11,5 | 13 | d — 3,5 | 10 | 2 | 50 | 2 | 4 |
| 13 à 17 | 5 | 5 | d — 3 | d + 2,2 | | | 6,5 | 15 | 16 | d — 4,5 | 10 | 3 | 50 | 2 | 5 |
| 18 à 22 | 6 | 6 | d — 3,5 | d + 2,7 | 3 | 6 | 9 | 20,5 | 22 | d — 6,5 | 10 | 4 | 50 | 2 | 5 |
| 23 à 30 | 8 | 7 | d — 4 | d + 3,2 | 4 | 8 | 11 | 25,5 | 28 | d — 8 | 11 | 4 | 50 | 4 | 8 |
| 31 à 38 | 10 | 8 | d — 5 | d + 3,2 | 5 | 10 | 16 | 41 | 45 | d — 13 | 11 | 5 | 50 | 4 | 8 |
| 39 à 44 | 12 | 8 | d — 5 | d + 3,2 | 5 | 10 | | | | | 14 | 5 | 70 | 6 | 10 |
| 45 à 50 | 14 | 9 | d — 5,5 | d + 3,7 | 6 | 10 | | | | | 16 | 5 | 70 | 6 | 10 |
| 51 à 58 | 16 | 10 | d — 6 | d + 4,2 | 6 | 10 | | | | | 16 | 6 | 70 | 8 | 16 |
| 59 à 68 | 18 | 11 | d — 7 | d + 4,3 | 8 | 14 | | | | | 16 | 7 | 70 | 8 | 16 |
| 69 à 78 | 20 | 12 | d — 7,5 | d + 4,8 | 8 | 14 | | | | | 18 | 7 | 70 | 8 | 16 |
| 79 à 92 | 24 | 14 | d — 8,5 | d + 5,8 | 10 | 20 | | | | | 22 | 9 | 100 | 10 | 18 |
| 93 à 110 | 28 | 16 | d — 10 | d + 6,3 | 10 | 20 | | | | | 25 | 10 | 100 | 10 | 18 |
| 111 à 130 | 32 | 18 | d — 11 | d + 7,3 | 10 | 20 | | | | | 25 | 11 | 100 | 12 | 25 |
| 131 à 150 | 36 | 20 | d — 12 | d + 8,3 | 12 | 25 | | | | | 27 | 12 | 100 | 12 | 25 |
| 151 à 170 | 40 | 22 | d — 13 | d + 9,3 | 12 | 25 | | | | | 27 | 14 | 100 | 14 | 30 |
| 171 a 200 | 45 | 25 | d — 15 | d + 10,3 | 12 | 30 | | | | | 29 | 16 | 100 | 14 | 30 |
| 201 à 230 | 50 | 28 | d — 17 | d + 11,3 | 12 | 30 | | | | | 39 | 17 | 150 | 16 | 35 |

Pour les clavettes disques, à chaque valeur de a correspondent plusieurs hauteurs $b_2$. Ex. : pour $a = 3$, $b_2 = 3,7 - 5 - 6,5$ ; pour $a = 4$, $b_2 = 5 - 6,5 - 7,5$ ; pour $a = 5$, $b_2 = 6,5 - 7,5 - 9$ ; pour $a = 6$, $b_2 = 9 - 10 - 11 - 13$ ; pour $a = 8$, $b_2 = 11 - 13 - 15 - 16$ ; pour $a = 10$, $b_2 = 16$.

# 5. Arbres cannelés et dentelés

**1. ARBRES CANNELÉS** (NF. E. 22.131 à 136). Trois séries sont prévues : légère, courante et forte ; le tableau ci-dessous ne donne que la série courante. Dans ce tableau, n est le nombre de cannelures, s la surface réelle d'appui par mm de longueur, pour l'ensemble des cannelures (en mm²).

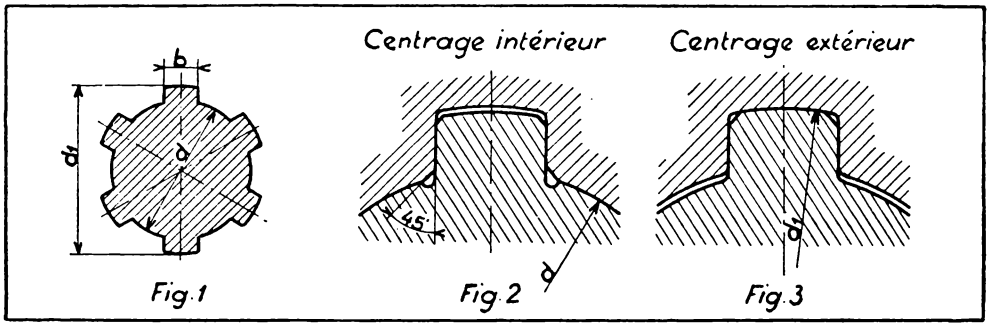
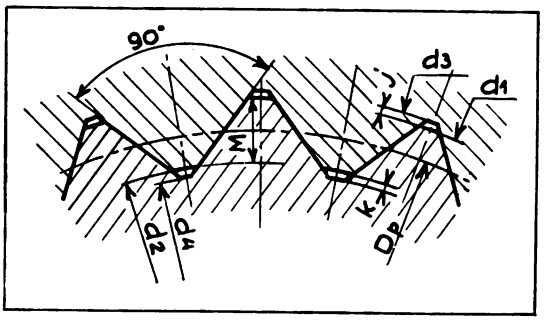



Fig. 1 Fig. 2 Fig. 3

| n | d | $d_1$ | b | s | n | d | $d_1$ | b | s | n | d | $d_1$ | b | s |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 11 | 14 | 3 | 5 | 8 | 32 | 38 | 6 | 14,4 | 10 | 72 | 82 | 12 | 30 |
| | 13 | 16 | 3,5 | 5 | | 36 | 42 | 7 | 14,4 | | | | | |
| | 16 | 20 | 4 | 7,2 | | 42 | 48 | 8 | 14,4 | | 82 | 92 | 12 | 30 |
| | 18 | 22 | 5 | 7,2 | | 46 | 54 | 9 | 18 | | | | | |
| | 21 | 25 | 5 | 7,2 | | 52 | 60 | 10 | 18 | | 92 | 102 | 14 | 30 |
| | 23 | 28 | 6 | 9,5 | | 56 | 65 | 10 | 21 | | | | | |
| | 26 | 32 | 6 | 10,8 | | 62 | 72 | 12 | 24 | | 102 | 112 | 16 | 30 |
| | 28 | 34 | 7 | 10,8 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 112 | 125 | 18 | 41 |

**2. ARBRES DENTELÉS CYLINDRIQUES** (NF. E. 22.151). Dans le tableau ci-dessous, M est le module, N le nombre de dents. Les diamètres $d_1$ vont de 8 à 64, suivant l'ancienne série S.I. ; le tableau suivant n'en donne qu'un extrait.




Diamètre primitif : Dp = M.N.
Diamètre extérieur de l'arbre : d 1 = M (N + 1)
Diamètre intérieur du moyeu : d 2 = M (N — 1)
Hauteur en contact = module M.

| $d_1$ | M | N | j | k |
|---|---|---|---|---|
| 16 | 0,5 | 31 | 0,10 | 0,05 |
| 18 | 0,5 | 35 | 0,10 | 0,05 |
| 20 | 0,5 | 39 | 0,10 | 0,05 |
| 22 | 0,5 | 43 | 0,10 | 0,05 |
| 24 | 0,75 | 31 | 0,15 | 0,10 |
| 27 | 0,75 | 35 | 0,15 | 0,10 |
| 30 | 0,75 | 39 | 0,15 | 0,10 |
| 33 | 1 | 32 | 0,15 | 0,15 |
| 36 | 1 | 35 | 0,15 | 0,15 |
| 39 | 1 | 38 | 0,15 | 0,15 |
| 42 | 1,50 | 27 | 0,20 | 0,20 |

## 6. Poulies de transmission (NF. E. 22.001 et 002)

1. **DIAMETRES.** Série R. 20 des nombres normaux de 40 à 2.000 ; parmi eux, les nombres de la série R. 10 sont recommandés ; les autres sont à éviter dans la mesure du possible.
2. **VITESSES.** Le nombre de tours doit être choisi autant que possible dans la série R. 10 des nombres normaux. Le produit du diamètre de la poulie par son nombre de tours est pris également dans la série R. 10.
3. **LARGEUR ET BOMBEMENT** (fig. 1).
   Largeur : nombres de la série R. 10 de 20 à 63, puis R. 20 de 71 à 630.
   Flèche : prendre :
   f = 0,3 pour L = 40 à 112 — f = 0,6 pour L = 200 et 224
   f = 0,4 pour L = 125 et 140 — f = 0,8 pour L = 250 et 280
   f = 0,5 pour L = 160 et 180 — f = 1 pour L = 315 et 355
   Au-delà de 355, la flèche varie à la fois avec le diamètre et avec la largeur.
4. **COURROIES PLATES** (NF. E. 24.101). Largeurs : nombres de la série R. 10 de 16 à 63 ; puis R. 20 de 71 à 500 ; prendre pour largeur de courroie, dans la série des largeurs de poulies, le nombre immédiatement inférieur.

## 7. Manchons d'accouplement (NF. E. 22.401)

Manchon cylindrique (fig. 3) et manchon à plateaux (fig. 4).

| d | $l_1$ | $l_2$ |
|---|---|---|
| 25.30 | 110 | 100 |
| 35.40 | 130 | 118 |
| 45.50 | 180 | 140 |

| d | $l_1$ | $l_2$ |
|---|---|---|
| 60 | 200 | 170 |
| 70 | 240 | 190 |
| 80 | 270 | 210 |

| d | $l_1$ | $l_2$ |
|---|---|---|
| 90 | 300 | 230 |
| 100 | 340 | 250 |
| 120.150 | × | 270 |

## 8. Paliers (NF. E. 22.201)

Cette norme ne concerne que les paliers lisses. Le tableau ci-dessous ne concerne que les paliers normaux ; pour les paliers à encombrement réduit, consulter les normes.

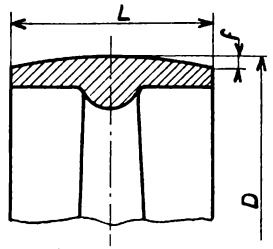
**Bagues de graissage** pour paliers (NF. E. 28.011) : voir figure 6 et tableau.

**Coussinets** (NF. E. 22.004). Diamètre d de 10 à 500 suivant la série Ra 20.

Longueur de portage : l = 0,63 d, 0,8 d, 1,25 d, 1,6 d, 2 d.

| d | B | C | D | E | F | Boulons | | a | Série étroite | | Série large | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Diamètre | Nombre | | b | c | b | c |
| 25 | 65 | 150 | 200 | 55 | 25 | 12 | 2 | 40 | 6 | 2,5 | 8 | 3 |
| 30 | 65 | 150 | 200 | 55 | 25 | 12 | 2 | 45 | 6 | 2,5 | 8 | 3 |
| 35 | 72 | 170 | 220 | 65 | 25 | 12 | 2 | 50 | 6 | 2,5 | 8 | 3 |
| 40 | 72 | 170 | 220 | 65 | 25 | 12 | 2 | 60 | 6 | 2,5 | 10 | 3 |
| 45 | 90 | 200 | 260 | 75 | 30 | 16 | 2 | 70 | 6 | 2,5 | 10 | 3 |
| 50 | 90 | 200 | 260 | 75 | 30 | 16 | 2 | 80 | 8 | 3 | 14 | 4 |
| 60 | 100 | 230 | 290 | 85 | 30 | 16 | 2 | 90 | 8 | 3 | 14 | 4 |
| 70 | 112 | 260 | 330 | 95 | 35 | 20 | 2 | 100 | 8 | 3 | 14 | 4 |
| 80 | 125 | 290 | 370 | 110 | 35 | 20 | 2 | 110 | 10 | 3 | 16 | 4 |
| 90 | 140 | 320 | 410 | 125 | 50 | 24 | 2 | 120 | 10 | 3 | 16 | 4 |
| 100 | 160 | 370 | 470 | 140 | 50 | 24 | 4 | 135 | 10 | 3 | 16 | 4 |
| 120 | 180 | 400 | 500 | 160 | 50 | 24 | 4 | 150 | 10 | 3 | 16 | 4 |
| 150 | 200 | 450 | 560 | 195 | 70 | 30 | 4 | 180 | 10 | 3 | 16 | 4 |

## Poulie bombée




## Poulie cylindrique

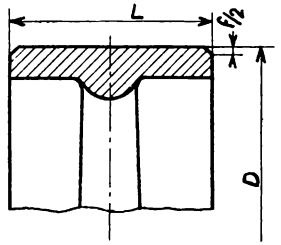



Fig. 1 et 2

## Manchon cylindrique

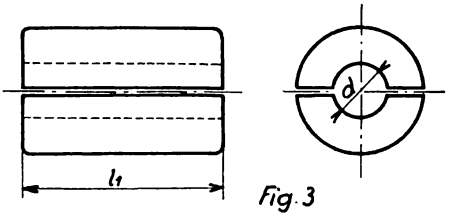



Fig. 3

## Manchon à plateaux

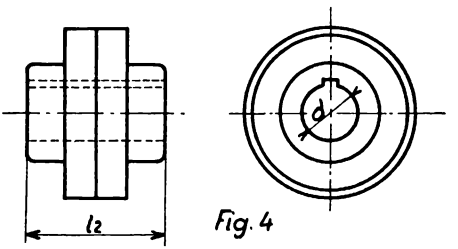



Fig. 4

## Paliers

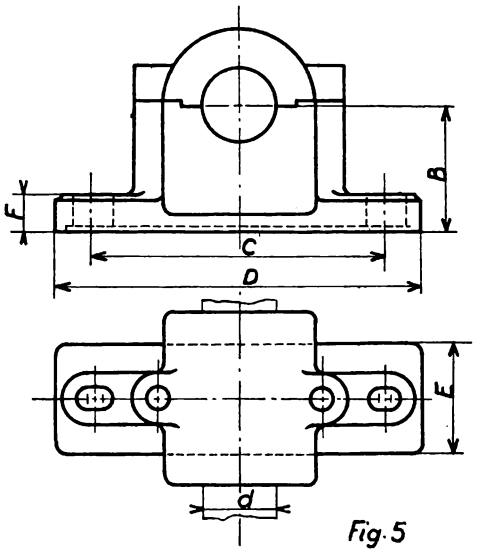



Fig. 5

## Bagues de graissage

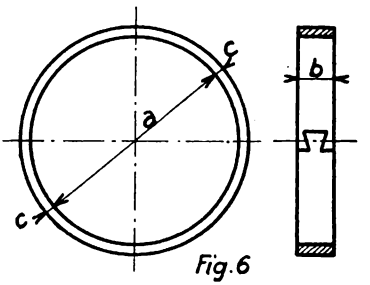



Fig. 6

## Coussinets

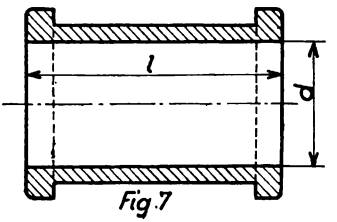



Fig. 7

# 9. Supports de paliers

**1 SEMELLES** (fig 1) NF E 22.202
**2 NICHES MURALES** (fig 2) NF E 22.202
**3 CHAISES EN BOUT** (fig 3) NF E 22.204

| d | a | b | Boulons | | c | f | g | h | i |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Diamètre | Nombre | | | | | |
| 25-30 | 260 | 35 | 16 | 2 | 330 | 250 | 150 | 110 | 45 |
| 35-40 | 290 | 40 | 16 | 2 | 360 | 300 | 170 | 130 | 45 |
| 45-50 | 330 | 45 | 20 | 2 | 410 | 350 | 200 | 150 | 50 |
| 60 | 360 | 50 | 20 | 2 | 450 | 380 | 230 | 170 | 50 |
| 70 | 410 | 55 | 22 | 2 | 510 | 430 | 260 | 190 | 55 |
| 80 | 460 | 60 | 24 | 2 | 570 | 480 | 290 | 210 | 60 |
| 90 | 520 | 65 | 27 | 2 | 650 | 540 | 320 | 240 | 70 |
| 100 | 650 | 75 | 30 | 2 | 790 | 600 | 370 | 280 | 80 |

**4 PALIERS PENDANTS** (fig. 4) NF E. 22.203

| d | k | l | d | k | l | d | k | l |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25-30 | 240 | 200 | 45-50 et 60 | 320 | 300 | 70-80 et 90 | 400 | 400 |
| | 320 | 300 | | 400 | 400 | | 480 | 500 |
| | 400 | 400 | | 480 | 500 | | 560 | 600 |
| 35-40 | 320 | 300 | | 560 | 600 | | 640 | 700 |
| | 400 | 400 | | | | | | |
| | 480 | 500 | | | | | | |

**5 CHAISES CONSOLES** (fig. 5) NF. E. 22.204

| d | p | q | s | d | p | q | s | d | p | q | s |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25-30 | 300 | 250 | 120 | 60 | 400 | 350 | 140 | 80 | 400 | 350 | 180 |
| | 400 | 350 | | | 500 | 450 | | | 500 | 450 | |
| | 500 | 450 | | | 600 | 550 | | | 600 | 550 | |
| 35-40 | 300 | 250 | 120 | | 700 | 650 | | | 700 | 650 | |
| | 400 | 350 | | | 800 | 750 | | | 800 | 750 | |
| | 500 | 450 | | 70 | 400 | 350 | 160 | 90 | 500 | 450 | 200 |
| | 600 | 550 | | | 500 | 450 | | | 600 | 550 | |
| 45-50 | 300 | 250 | 140 | | 600 | 550 | | | 700 | 650 | |
| | 400 | 350 | | | 700 | 650 | | | 800 | 750 | |
| | 500 | 450 | | | 800 | 750 | | 100 | 500 | 450 | 220 |
| | 600 | 550 | | | | | | | 600 | 550 | |
| | 700 | 650 | | | | | | | 700 | 650 | |
| | | | | | | | | | 800 | 750 | |

**6. PALIERS CONSOLES à rotule** (fig. 6) NF E 22 203

| d | m | n | d | m | n |
|---|---|---|---|---|---|
| 25-30-35 et 40 | 380 | 150 | 45-50-60 et 70 | 380 | 150 |
| | 400 | 200 | | 400 | 200 |
| | 430 | 300 | | 430 | 300 |
| | 460 | 400 | | 460 | 400 |
| | | | | 500 | 500 |

Semelle

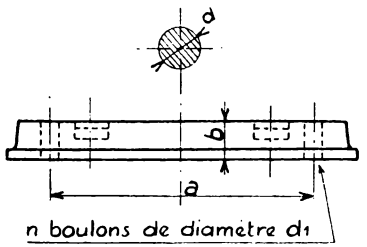



Fig 1

Niche murale

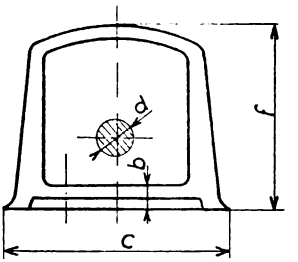



Fig 2

Chaise en bout

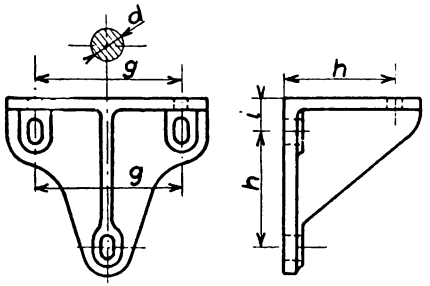



Fig 3

Palier pendant

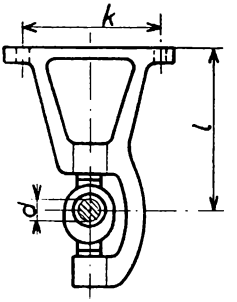



Fig 4

Chaise console

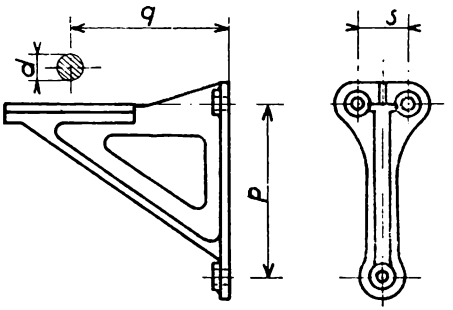



Fig 5

Palier console

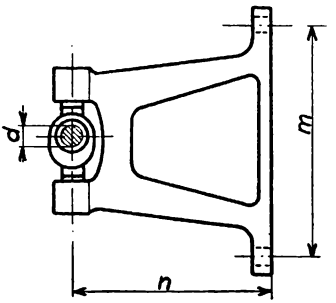



Fig. 6

# 10. Roulements et Butées

## 1. ROULEMENTS A BILLES OU A ROULEAUX CYLINDRIQUES (PN. E. 22.310).

**1. OBJET.** Ce projet de norme fixe les dimensions d'encombrement de tous les types de roulements, à l'exception des roulements à aiguilles et à rouleaux coniques, et des butées (voir pages 164 et 165) ; il fixe également les dimensions des manchons et écrous pour roulements à alésage conique.

**2. DIFFÉRENTS TYPES DE ROULEMENTS ET SYMBOLES** (voir fig.).

1. Roulements à une rangée de billes, à gorge profonde, à contact radial ; symbole BC.
2. Roulements à une rangée de billes, à contact oblique ; non démontables : symbole BN ($\alpha$ de 10 à 22°) ou BA ($\alpha$ de 22 à 32°) ; bague intérieure démontable, $\alpha$ de 22 à 32 ; symbole BAS.
3. Roulements à deux rangées de billes, à contact radial (BF) ou oblique (BE).
4. Roulements à rotule sur 2 rangées de billes, à chemin de roulement sphérique dans la bague extérieure ; alésage cylindrique ou conique. Symbole BS.
5. Roulements à une rangée de rouleaux cylindriques, à bague extérieure sans épaulement et démontable ; bague intérieure à 2 épaulements. Symbole RN.
6. Roulements à une rangée de rouleaux cylindriques, à bague intérieure sans épaulement et démontable ; bague extérieure à 2 épaulements (RU) ou munie de 2 segments d'arrêt (RM).
7. Roulements à une rangée de rouleaux cylindriques ; bague intérieure à un épaulement et démontable ; bague extérieure à 2 épaulements. Symbole RJ. Bague d'épaulement séparée : HN.
8. Roulements à rotule sur 2 rangées de rouleaux, à chemin de roulement sphérique dans la bague extérieure ; galets guidés par épaulements de la bague intérieure (SD) ou par bague coulissant sur la bague intérieure (SC) ; alésage cylindrique ou conique.
9. Manchons coniques, pour roulements à alésage conique : manchons de serrage, avec écrou et rondelle-frein : HMB ; manchon de démontage : HR.

**3. SÉRIES DE DIMENSIONS.** Pour chaque type de roulement, plusieurs séries de diamètres extérieurs sont prévues pour un diamètre d'alésage donné ; de plus, pour chaque série de diamètre extérieur, une ou plusieurs séries de largeurs sont prévues. Ces séries sont désignées par 2 chiffres : le premier indique la série de largeur, le deuxième la série de diamètre.

**4. DESIGNATION.** Un roulement est désigné par :

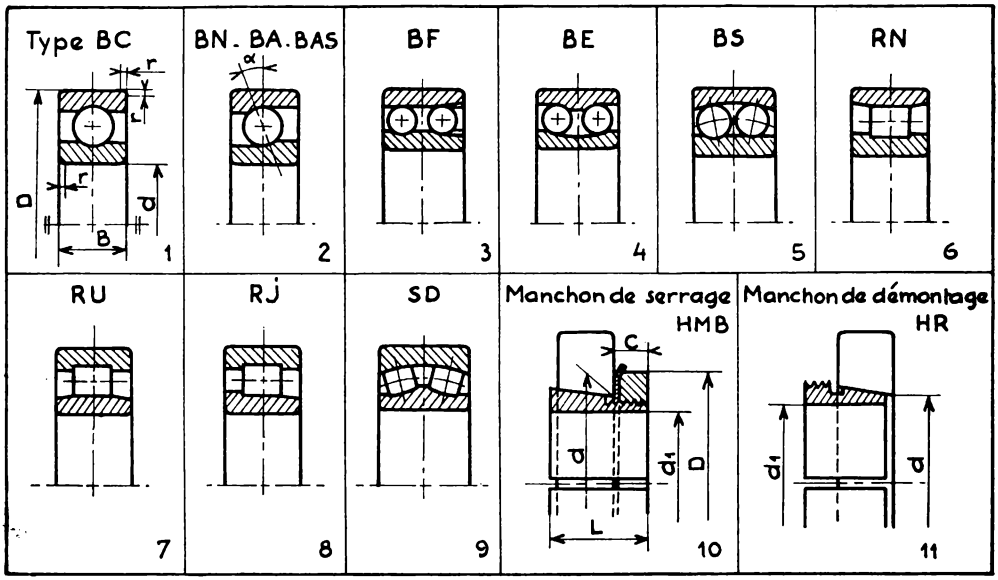
1. Le diamètre d'alésage, ou le diamètre de la petite base pour les alésages coniques.
2. Le symbole du type de roulement, en lettres majuscules.
3. La série de largeur et de diamètre, au moyen de 2 chiffres.

Exemple : roulement 20 BC 00, PN. E.22.310.

**5. DIMENSIONS.** Le tableau suivant ne donne qu'un extrait des séries de dimensions des roulements de type BC (séries 02 - 03 - 04) ; BN, BA et BAS (séries 02 et 03) ; BF (séries 22 et 23) ; BS, RN, RU et RJ (séries

02 - 22 - 03 - 23 - 04) ; il donne également un extrait des dimensions des manchons coniques de serrage avec écrous.

**6. REPRÉSENTATION CONVENTIONNELLE** (NF. E. 04.114) : voir page 78.

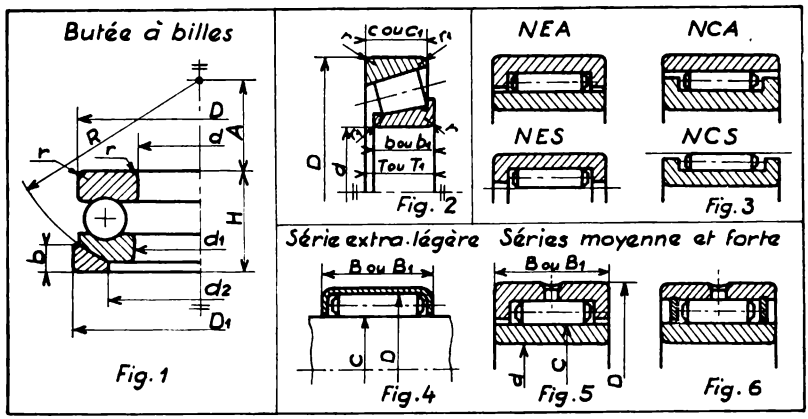



| d | Série de diamètre 2 | | | | Série de diamètre 3 | | | | Série de diamètre 4 | | | Manchon de serrage | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | D | B série 02 | B série 22 | r | D | B série 03 | B série 23 | r | D | B série 04 | r | $d_1$ | C | D |
| 10 | 30 | 9 | 14 | 1 | 35 | 11 | 17 | 1 | | | | | | |
| 12 | 32 | 10 | 14 | 1 | 37 | 12 | 17 | 1,5 | | | | | | |
| 15 | 35 | 11 | 14 | 1 | 42 | 13 | 17 | 1,5 | | | | 12 | 6 | 25 |
| 17 | 40 | 12 | 16 | 1 | 47 | 14 | 19 | 1,5 | 62 | 17 | 2 | 14 | 6 | 28 |
| 20 | 47 | 14 | 18 | 1,5 | 52 | 15 | 21 | 2 | 72 | 19 | 2 | 17 | 7 | 32 |
| 22 | 50 | 14 | 18 | 1,5 | 56 | 16 | 21 | 2 | | | | | | |
| 25 | 52 | 15 | 18 | 1,5 | 62 | 17 | 24 | 2 | 80 | 21 | 2,5 | 20 | 8 | 38 |
| 28 | 58 | 16 | 19 | 1,5 | 68 | 18 | 24 | 2 | | | | | | |
| 30 | 62 | 16 | 20 | 1,5 | 72 | 19 | 27 | 2 | 90 | 23 | 2,5 | 25 | 8 | 45 |
| 32 | 65 | 17 | 21 | 1,5 | 75 | 20 | 28 | 2 | | | | | | |
| 35 | 72 | 17 | 23 | 2 | 80 | 21 | 31 | 2,5 | 100 | 25 | 2,5 | 30 | 9 | 52 |
| 40 | 80 | 18 | 23 | 2 | 90 | 23 | 33 | 2,5 | 110 | 27 | 3 | 35 | 10 | 58 |
| 45 | 85 | 19 | 23 | 2 | 100 | 25 | 36 | 2,5 | 120 | 29 | 3 | 40 | 11 | 65 |
| 50 | 90 | 20 | 23 | 2 | 110 | 27 | 40 | 3 | 130 | 31 | 3,5 | 45 | 12 | 70 |
| 55 | 100 | 21 | 25 | 2,5 | 120 | 29 | 43 | 3 | 140 | 33 | 3,5 | 50 | 12 | 75 |
| 60 | 110 | 22 | 28 | 2,5 | 130 | 31 | 46 | 3,5 | 150 | 35 | 3,5 | 55 | 13 | 80 |
| 65 | 120 | 23 | 31 | 2,5 | 140 | 33 | 48 | 3,5 | 160 | 37 | 3,5 | 60 | 14 | 85 |
| 70 | 125 | 24 | 31 | 2,5 | 150 | 35 | 51 | 3,5 | 180 | 42 | 4 | 60 | 14 | 92 |
| 75 | 130 | 25 | 31 | 2,5 | 160 | 37 | 55 | 3,5 | 190 | 45 | 4 | 65 | 15 | 98 |

2. **BUTÉES SIMPLES A BILLES,** sphériques, avec contreplaque (NF. E. 22.352, 353, 354) (fig. 1).
Trois séries sont normalisées : légère, moyenne et forte. Le tableau suivant ne donne qu'un extrait des séries légère et moyenne ; pour chaque colonne, le premier nombre correspond à la série légère, le deuxième à la série moyenne. Pour les butées doubles à faces planes et les butées doubles, sphériques, avec contreplaques : voir NF. E. 22.355, 356, 357 et 358.

3. **ROULEMENTS A ROULEAUX CONIQUES** (NF. E. 22.331 et 332) (fig. 2).
Deux séries sont normalisées : légère et moyenne, et dans chaque série un type étroit (dimensions C et T) et un type large ($C_1$ et $T_1$). Le diamètre D est le même que pour les séries de diamètres 2 et 3 des roulements ; les largeurs b et $b_1$ sont égales aux largeurs B des séries 02 et 22, 03 et 23 des roulements.
Autres dimensions : voir tableau (extrait).

4. **ROULEMENTS A AIGUILLES** (E. 22.371) (fig. 3 à 6).
   1. **DIFFÉRENTS TYPES.** Trois séries sont normalisées :
      1. **Une série extra-légère,** sans bague intérieure, à bague extérieure très mince, en tôle roulée (fig. 4) ; deux séries de largeurs : B ou $B_1$.
      2. **Une série moyenne,** à bagues décolletées et rectifiées (fig. 5 et 6) ; deux séries de largeurs : B et $B_1$.
      3. **Une série forte,** à bagues épaisses, décolletées et rectifiées.
   2. **DÉSIGNATION.** Un roulement est désigné par :
      1. Le diamètre nominal, en mm.
      2. Un groupe de lettres comprenant : la lettre N désignant un roulement à aiguilles, la lettre E ou C suivant que les joues de maintien des aiguilles sont sur la bague extérieure ou intérieure, la lettre A ou P suivant que le roulement comporte ou non une bague lisse.
      3. Un groupe de deux nombres : largeur et diamètre extérieur du roulement.
      4. Un groupe de deux lettres indiquant, la première le mode de graissage (A, B, C, D suivant que le trou de graissage est sur la bague extérieure, sur la bague intérieure, s'il y a deux trous, ou pas du tout), la deuxième l'existence d'une protection contre la corrosion (P) ou pas de protection (A). Exemple : roulement 12 NEA 15 28 AA (E. 22.371).
   3. **DIMENSIONS :** Le tableau suivant ne donne qu'un extrait des dimensions



## Butées à billes (extrait)

| d | D | | $D_1$ | | H | | A | | R | | $d_1$ minimum | | $d_2$ | | b | | r (environ) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 26 | | 28 | | 13 | | 8,5 | | 22 | | 12 | | 18 | | 3,5 | | 1 | |
| 12 | 28 | | 30 | | 13 | | 11,5 | | 25 | | 14 | | 20 | | 3,5 | | 1 | |
| 15 | 32 | | 35 | | 15 | | 12 | | 28 | | 17 | | 24 | | 4 | | 1 | |
| 17 | 35 | | 38 | | 15 | | 16 | | 32 | | 19 | | 26 | | 4 | | 1 | |
| 20 | 40 | | 42 | | 17 | | 18 | | 36 | | 22 | | 30 | | 5 | | 1 | |
| 25 | 47 | 52 | 50 | 55 | 19 | 22 | 19 | 21 | 40 | 45 | 27 | 27 | 36 | 38 | 5,5 | 6 | 1 | 1,5 |
| 30 | 53 | 60 | 55 | 62 | 20 | 25 | 22 | 22 | 45 | 50 | 32 | 32 | 42 | 45 | 5,5 | 7 | 1 | 1,5 |
| 35 | 62 | 68 | 65 | 72 | 22 | 28 | 24 | 24 | 50 | 56 | 37 | 37 | 48 | 52 | 7 | 7,5 | 1,5 | 1,5 |
| 40 | 68 | 78 | 72 | 82 | 23 | 31 | 28,5 | 28 | 56 | 64 | 42 | 42 | 55 | 60 | 7 | 8,5 | 1,5 | 1,5 |
| 45 | 73 | 85 | 78 | 90 | 24 | 33 | 26 | 25 | 56 | 64 | 47 | 47 | 60 | 65 | 7,5 | 10 | 1,5 | 1,5 |
| 50 | 78 | 95 | 82 | 100 | 26 | 37 | 32,5 | 28 | 64 | 72 | 52 | 52 | 62 | 72 | 7,5 | 11 | 1,5 | 2 |
| 55 | 90 | 105 | 95 | 110 | 30 | 42 | 35 | 30 | 72 | 80 | 57 | 57 | 72 | 80 | 9 | 11,5 | 1,5 | 2 |
| 60 | 95 | 110 | 100 | 115 | 31 | 42 | 32,5 | 41 | 72 | 90 | 62 | 62 | 78 | 85 | 9 | 11,5 | 1,5 | 2 |

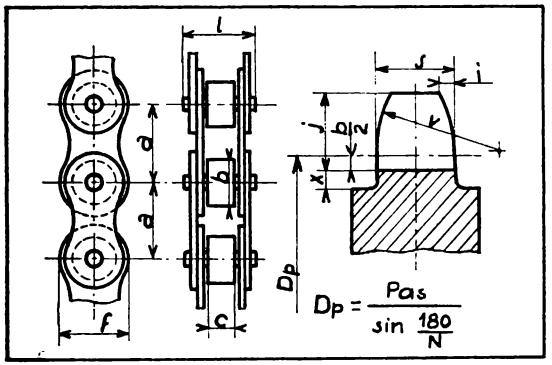
## Roulements à rouleaux coniques (extrait)

| d | Série légère | | | | | | | | Série moyenne | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | T | | $C_1$ | $T_1$ | | r | $r_1$ | C | T | | $C_1$ | $T_1$ | | r | $r_1$ |
| | | mini. | maxi. | | mini. | maxi. | | | | mini | maxi | | mini. | maxi | | |
| 15 | | | | | | | | | 11 | 14 | 14,5 | 14 | 18 | 18,5 | 1,5 | 0,5 |
| 17 | 11 | 13 | 13,5 | | | | 1,5 | 0,5 | 12 | 15 | 15,5 | 16 | 20 | 20,5 | 1,5 | 0,5 |
| 20 | 12 | 15 | 15,5 | | | | 1,5 | 0,5 | 13 | 16 | 16,5 | 18 | 22 | 22,5 | 2 | 0,8 |
| 25 | 13 | 16 | 16,5 | | | | 1,5 | 0,5 | 15 | 18 | 18,5 | 20 | 25 | 25,5 | 2 | 0,8 |
| 30 | 14 | 17 | 17,5 | 17 | 21 | 21,5 | 1,5 | 0,5 | 16 | 20,5 | 21 | 23 | 28,5 | 29 | 2 | 0,8 |
| 35 | 15 | 18 | 18,5 | 19 | 24 | 24,5 | 2 | 0,8 | 18 | 22,5 | 23 | 25 | 32,5 | 33 | 2,5 | 0,8 |
| 40 | 16 | 19,5 | 20 | 19 | 24,5 | 25 | 2 | 0,8 | 20 | 25 | 25,5 | 27 | 35 | 35,5 | 2,5 | 0,8 |
| 45 | 16 | 20,5 | 21 | 19 | 24,5 | 25 | 2 | 0,8 | 22 | 27 | 27,5 | 30 | 38 | 38,5 | 2,5 | 0,8 |
| 50 | 17 | 21,5 | 22 | 19 | 24,5 | 25 | 2 | 0,8 | 23 | 29 | 29,5 | 33 | 42 | 42,5 | 3 | 1 |
| 55 | 18 | 22,5 | 23 | 21 | 26,5 | 27 | 2,5 | 0,8 | 25 | 31 | 32 | 35 | 45 | 46 | 3 | 1 |
| 60 | 19 | 23,5 | 24 | 24 | 29,5 | 30 | 2,5 | 0,8 | 26 | 33 | 34 | 37 | 48 | 49 | 3,5 | 1,2 |

## Roulements à aiguilles (extrait)

| Série légère | | | | Série moyenne | | | | | Série forte | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C | D | B | $B_1$ | d | D | C | B | $B_1$ | d | D | C | B |
| 6 | 12 | 10 | | 10 | 24 | 14,4 | 12 | | 30 | 62 | 44 | 30 |
| 8 | 14 | 10 | | 12 | 28 | 17,6 | 15 | | 35 | 72 | 49,7 | 36 |
| 10 | 16 | 12 | | 15 | 32 | 20,8 | 15 | | 40 | 80 | 55,4 | 36 |
| 12 | 18 | 12 | | 15 | 35 | 22,1 | — | 22 | 45 | 85 | 62,1 | 38 |
| 14 | 20 | 12 | | 17 | 35 | 23,9 | 15 | — | 50 | 90 | 68,8 | 38 |
| 15 | 21 | 12 | | 20 | 42 | 28,7 | 18 | 22 | 55 | 95 | 72,6 | 38 |
| 16 | 22 | 12 | | 25 | 47 | 33,5 | 18 | 22 | 60 | 100 | 78,3 | 38 |
| 17 | 23 | 12 | | 30 | 52 | 38,2 | 18 | 22 | 65 | 105 | 83,1 | 38 |
| 18 | 24 | 12 | 16 | 35 | 58 | 44 | 18 | 22 | 70 | 110 | 88 | 38 |
| 20 | 26 | 12 | 16 | 40 | 65 | 49,7 | 18 | 22 | 75 | 120 | 96 | 38 |
| 22 | 28 | 12 | 16 | 45 | 72 | 55,4 | 18 | 22 | 80 | 125 | 99,5 | 38 |
| 25 | 33 | 16 | 20 | 50 | 80 | 62,1 | 20 | 28 | 85 | 130 | 104,7 | 38 |
| 30 | 38 | 16 | 20 | 55 | 85 | 68,8 | 20 | 28 | 90 | 135 | 109,1 | 43 |
| 35 | 43 | 16 | 20 | 60 | 90 | 72,6 | 20 | 28 | 95 | 140 | 114,7 | 43 |
| 40 | 48 | 16 | 20 | 65 | 95 | 78,3 | 20 | 28 | 100 | 145 | 119,2 | 43 |

# 11. Chaînes

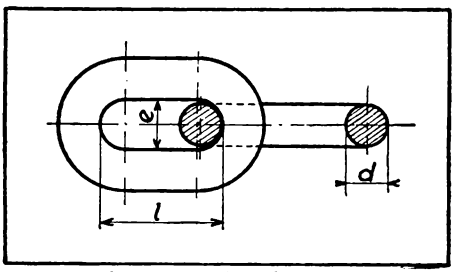



**1. CHAINES A ROULEAUX** (E.26.101) **ET ROUES** (E.23.111 et 112). Il est prévu 31 numéros de chaînes ; celles-ci peuvent être simples (fig.), doubles ou triples ; à plaques droites, évidées (fig.), ou renforcées (f plus large). Le tableau ci-dessous ne donne qu'un extrait des normes : chaînes simples n° 4 à 15, et roues correspondantes ; sur ce tableau, la valeur de x correspond à une chaîne à plaques évidées. P est la charge de rupture en Kgf.

Nombres de dents recommandés pour les roues à chaîne : 17 - 19 - 21 - 23 - 38 - 57 - 76 - 95 - 122. Ces roues permettent de réaliser, avec une approximation suffisante, la transmission entre deux arbres tournant à des vitesses normalisées, avec rapport minimum de 0,16.

| N° | Pas a | b maximum | c minimum | f maximum | l maximum | P | S minimum | S maximum | v | x | i | j |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 12,70 | 7,75 | 3,30 | 10,16 | 10,16 | 816 | 2,8 | 3 | 13 | 2,4 | 1 | 8 |
| 5 | 12,70 | 7,75 | 4,88 | 10,16 | 11,68 | 816 | 4,3 | 4,5 | 13 | 2,4 | 1 | 8 |
| 6 | 12,70 | 8,51 | 5,21 | 12,07 | 13,97 | 1588 | 4,6 | 4,8 | 13 | 3,1 | 1,5 | 8 |
| 7 | 12,70 | 8,51 | 7,75 | 12,07 | 16,51 | 1588 | 7 | 7,2 | 13 | 3,1 | 1,5 | 8 |
| 8 | 15,875 | 7,75 | 3,30 | 10,16 | 10.16 | 816 | 2,8 | 3 | 13 | 2,4 | 1 | 9 |
| 9 | id. | 7,75 | 4,88 | 10,16 | 11,68 | 816 | 4,3 | 4,5 | 13 | 2,4 | 1 | 9 |
| 10 | id. | 10,16 | 6,48 | 14,73 | 16 | 2177 | 5,8 | 6 | 16 | 3,5 | 2 | 10 |
| 11 | id. | 10,16 | 9,65 | 14,73 | 19,05 | 2177 | 8,8 | 9 | 16 | 3,5 | 2 | 10 |
| 12 | 19,05 | 12,07 | 7,87 | 16,38 | 18,29 | 2812 | 7,1 | 7,4 | 19 | 4,1 | 2 | 12 |
| 13 | id. | 12,07 | 11,68 | 16,38 | 22,10 | 2812 | 10,7 | 11 | 19 | 4,1 | 2 | 12 |
| 14 | 25,40 | 15,88 | 12,70 | 20,83 | 31,75 | 4309 | 11,6 | 12 | 25 | 4,5 | 3 | 16 |
| 15 | id. | 15,88 | 17,02 | 20,83 | 36,07 | 4309 | 15,7 | 16,1 | 25 | 4,5 | 3 | 16 |

**2. CHAINES DE LEVAGE CALIBRÉES** (E. 26.011 et 012).



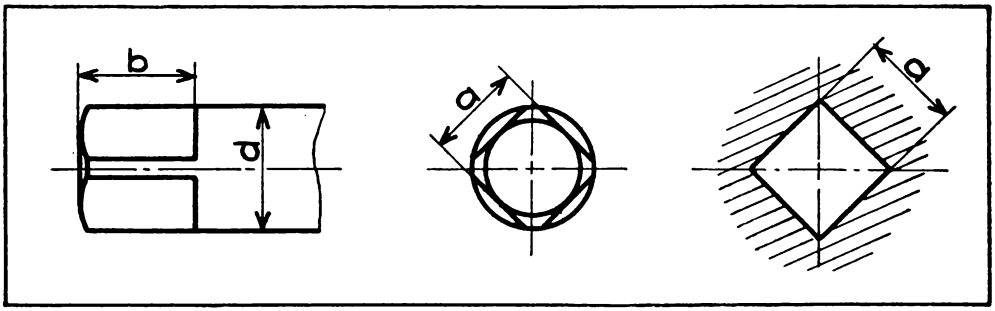

Deux séries sont prévues :
Chaînes à maillons courts :
$l = 3\,d$ et $e = 1{,}3\,d$.
Chaînes à maillons longs :
$l = 3{,}5\,d$ et $e = 1{,}4\,d$.
Valeurs de d : 5,5, 6, 7... 12, 14, 16... 30, 33, 36, 39, 42, 48, 56, 64.
En plus des valeurs de l et e, les normes donnent le poids par mètre courant, la charge d'essai et la charge en service ; celle-ci est calculée pour un effort de :
6 kg/mm² pour $d \geqslant 10$. — 4 kg/mm² pour $d < 10$.

# E. - Organes de manœuvre

## 1. Carrés d'entraînement

(PN. E. 20.011)

Cette norme ne s'applique qu'aux outils à queue cylindrique ; pour les carrés de manivelle, vis à tête carrée, etc., se reporter aux normes correspondantes.



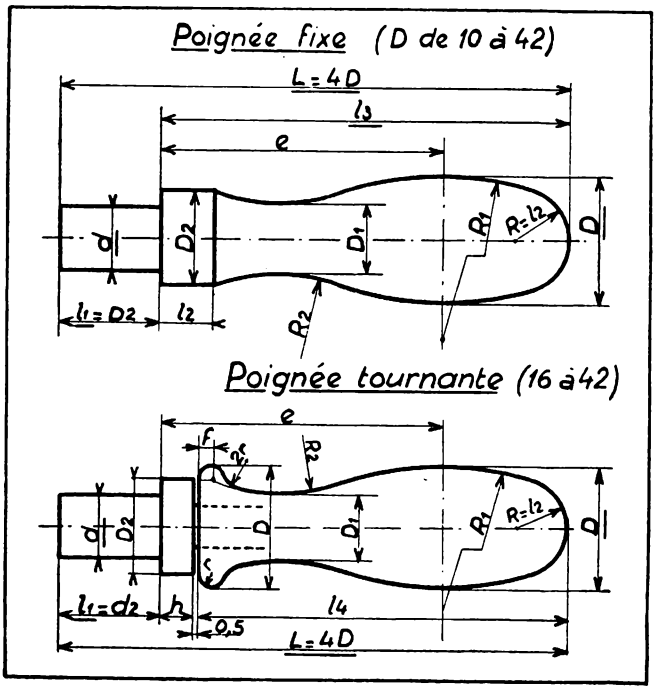

**Carrés d'entraînement** (Extrait)

| Diamètre D | | Carré | | Diamètre D | | Carré | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| au delà de | jusqu'à inclus | a | b | au delà de | jusqu'à inclus | a | b |
| 6 | 6,70 | 5 | 8 | 19 | 21,20 | 16 | 20 |
| 6,70 | 7,50 | 5,60 | 8 | 21,20 | 23,60 | 18 | 22 |
| 7,50 | 8,50 | 6,30 | 9 | 23,60 | 26,50 | 20 | 24 |
| 8,50 | 9,50 | 7,10 | 10 | 26,50 | 30 | 22,40 | 26 |
| 9,50 | 10,60 | 8 | 11 | 30 | 33,50 | 25 | 28 |
| 10,60 | 11,80 | 9 | 12 | 33,50 | 37,50 | 28 | 31 |
| 11,80 | 13,20 | 10 | 13 | 37,50 | 42,50 | 31,50 | 34 |
| 13,20 | 15 | 11,20 | 14 | 42,50 | 47,50 | 35,50 | 38 |
| 15 | 17 | 12,50 | 16 | 47,50 | 53 | 40 | 42 |
| 17 | 19 | 14 | 18 | 53 | 60 | 45 | 46 |

# 2. Poignées de manivelles

de volants à main, de leviers de manœuvre, etc.

(NF. E. 21.411)




Deux types sont normalisés : poignées fixes (D de 10 à 42) et poignées tournantes (D de 16 à 42) ; le mode de fixation des poignées tournantes est laissé à l'initiative du fabricant.

Lorsque la poignée doit être fixée de façon plus rigide que par un simple emmanchement, prendre une longueur $l'_1 = 1{,}5\ l_1$.

**Désignation.** Ex. : poignée de manivelle fixe de 24.

**Dimensions :** les cotes importantes sont celles qui sont soulignées ; les autres ne sont indiquées qu'à titre de recommandation.

| D | d | $D_1$ | $D_2$ | $l_2$ | $l_3$ | e | $R_1$ | $R_2$ | $l_4$ | f | h | r |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 5 | 6 | 8 | 4 | 32 | 22 | 22 | 17 | | | | |
| 12 | 6 | 7 | 9,5 | 5 | 38,5 | 26,5 | 30 | 17 | | | | |
| 16 | 8 | 9,5 | 12,5 | 6,5 | 51 | 35 | 37,5 | 24 | 46,5 | 2 | 4 | 1,5 |
| 20 | 10 | 12 | 16 | 8 | 64 | 44 | 44 | 34 | 58,5 | 2,5 | 5 | 2 |
| 24 | 12 | 14 | 19 | 10 | 77 | 53 | 60 | 34 | 70 | 3 | 6,5 | 2,5 |
| 30 | 14 | 18 | 24 | 12 | 96 | 66 | 66 | 51 | 88 | 4 | 7,5 | 3 |
| 36 | 16 | 21 | 28,5 | 15 | 115,5 | 79,5 | 90 | 51 | 106 | 5,5 | 9 | 3,5 |
| 42 | 18 | 25 | 33,5 | 17 | 134 | 92 | 97 | 65 | 123 | 6 | 10,5 | 4 |

# 3. Manettes de blocage

(NF. E. 21.412)

Deux types sont normalisés : manettes à queue droite (fig 1) et à queue inclinée (fig. 4).

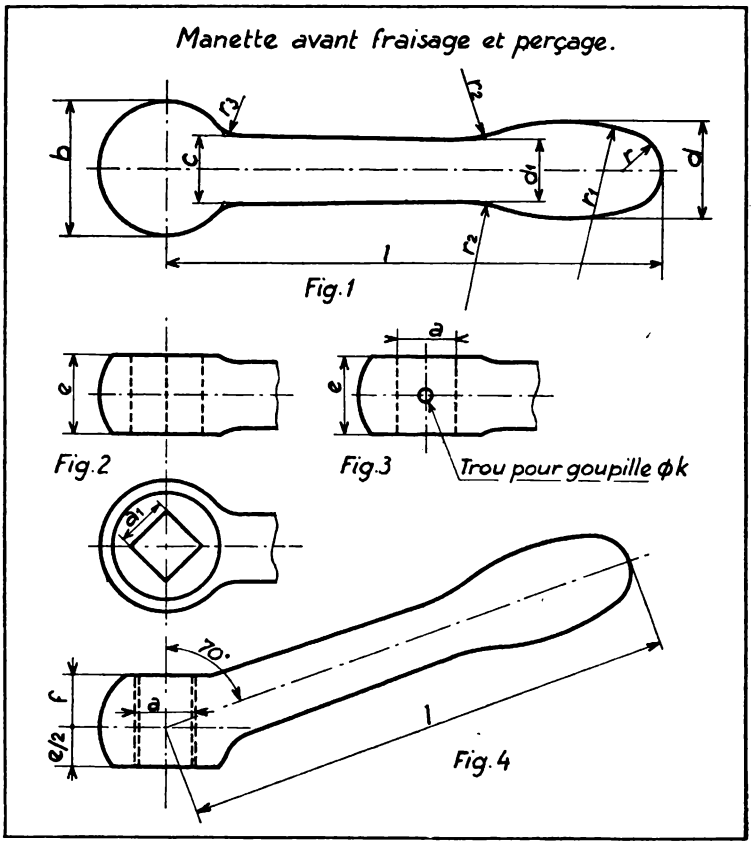
Dans les deux cas, l'emmanchement peut être :

Cylindrique lisse avec goupille (fig. 3) ;

Cylindrique fileté (fig. 4) ;

Carré (fig. 2).

**Désignation.** Ex. : manette de 200, filetage 20




| l | b | c | d | $d_1$ | r | $r_1$ | $r_2$ | $r_3$ | e | f | a max. | $a_1$ max. | k |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 63 | 18 | 9 | 12 | 7 | 5 | 30 | 17 | 3 | 10 | 7 | 10 | 7 | 2 |
| 80 | 22 | 11 | 16 | 9,5 | 6,5 | 37,5 | 24 | 6 | 13 | 9 | 12 | 9 | 2,5 |
| 100 | 27 | 13 | 20 | 12 | 8 | 44 | 34 | 8 | 16 | 11 | 12 | 10 | 3 |
| 125 | 36 | 16 | 24 | 14 | 10 | 60 | 34 | 10 | 20 | 14 | 16 | 12 | 4 |
| 160 | 45 | 21 | 30 | 18 | 12 | 66 | 51 | 14 | 25 | 18 | 24 | 19 | 5 |
| 200 | 56 | 24 | 36 | 21 | 15 | 90 | 51 | 21 | 32 | 22 | 30 | 23 | 6 |

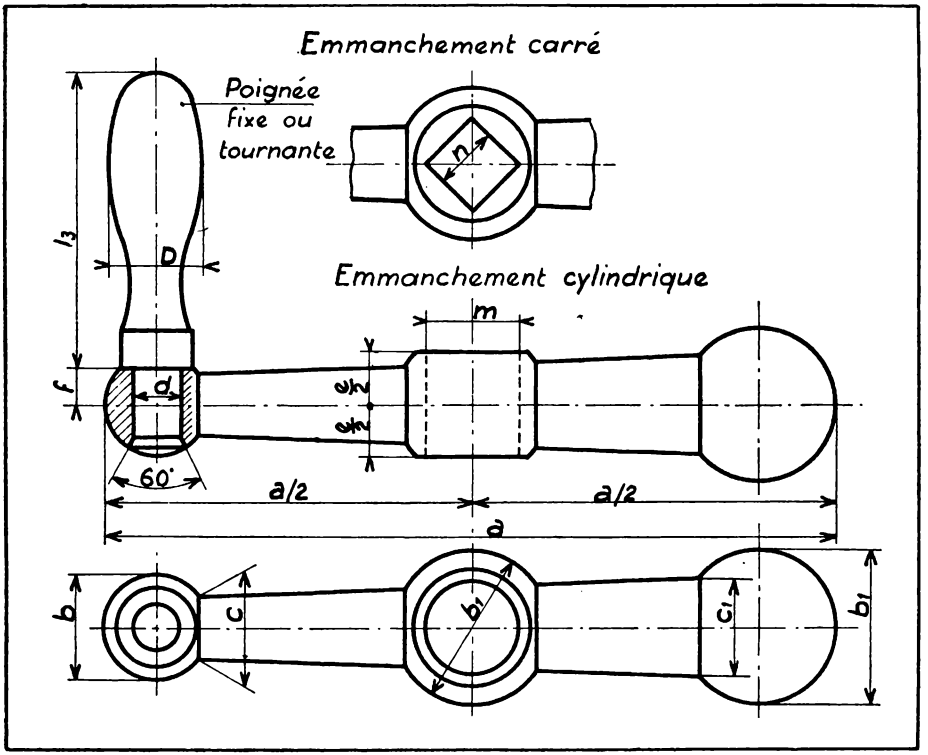
# 4. Manivelles équilibrées

(NF. E. 21.413)

Elles comportent une poignée normalisée, fixe ou tournante ; la poignée peut être soit rapportée, soit venue de forge.

L'emmanchement peut être cylindrique ou carré.

**Désignation.** Ex. : manivelle de 200, carré 19, poignée tournante.




| a | b | c | $b_1$ | $c_1$ | e | f | d | D | $l_3$ | m | n |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 12 | 7 | 20 | 13 | 14 | 4 | 5 | 10 | 32 | 12 | 10 |
| 100 | 14 | 8 | 22 | 14 | 14 | 5 | 6 | 12 | 38,5 | 12 | 10 |
| 125 | 18 | 11 | 27 | 17 | 18 | 6 | 8 | 16 | 51 | 16 | 12 |
| 160 | 18 | 11 | 27 | 19 | 18 | 6 | 8 | 16 | 51 | 16 | 12 |
| 200 | 24 | 14 | 36 | 24 | 24 | 8 | 10 | 20 | 64 | 24 | 19 |
| 250 | 24 | 14 | 36 | 28 | 26 | 8 | 10 | 20 | 64 | 24 | 19 |
| 315 | 30 | 17 | 48 | 34 | 32 | 10 | 12 | 24 | 77 | 30 | 23 |
| 400 | 36 | 21 | 60 | 43 | 40 | 12 | 14 | 30 | 96 | 36 | 29 |

# 5. Volants de manœuvre

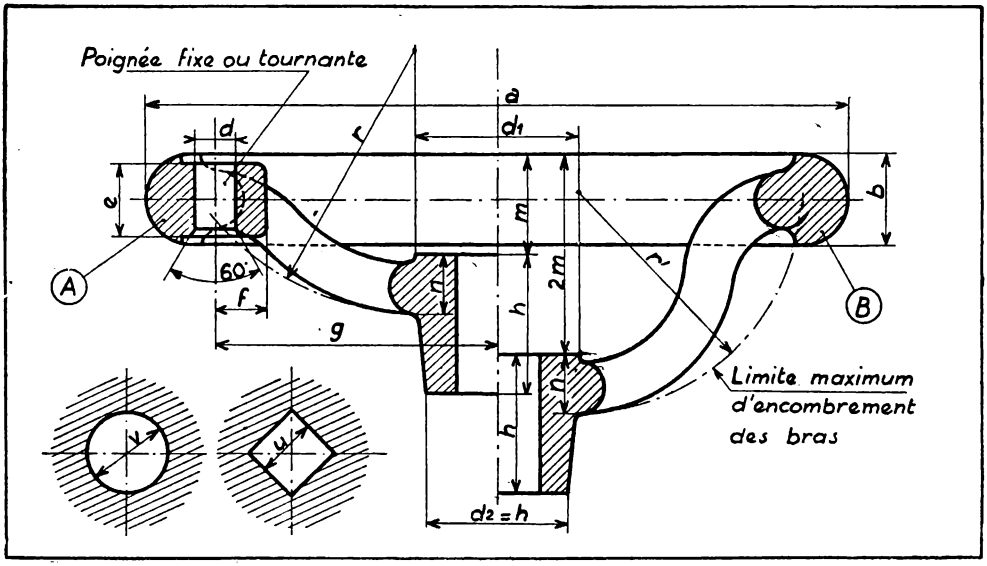
(NF. E. 21.414)

Deux formes sont prévues : A et B.

L'épaisseur, la forme, le nombre de bras et la forme de la jante sont laissés à l'initiative du constructeur.

Si le volant comporte une poignée, il est recommandé de prévoir une masselotte d'équilibrage.

**Désignation.** Ex. : volant de 200. A. alésage 20, sans poignée.




| a | b | e | f | g | d | h | m | r | r' | n | $d_1$ | v | u |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 14 | 11 | 8 | 40 | 6 | 22 | 14 | 35 | 30 | 8 | 25 | 12 | 10 |
| 112 | 14 | 11 | 8 | 45 | 6 | 22 | 16 | 40 | 35 | 10 | 25 | 12 | 10 |
| 125 | 18 | 15 | 10 | 50 | 8 | 28 | 18 | 40 | 40 | 12 | 32 | 16 | 12 |
| 140 | 18 | 15 | 10 | 56 | 8 | 28 | 20 | 50 | 45 | 12 | 32 | 16 | 12 |
| 160 | 18 | 15 | 10 | 64 | 8 | 36 | 22 | 55 | 50 | 14 | 40 | 20 | 16 |
| 180 | 18 | 15 | 10 | 72 | 8 | 36 | 22 | 70 | 60 | 14 | 40 | 20 | 16 |
| 200 | 24 | 19 | 12 | 80 | 10 | 45 | 25 | 70 | 65 | 16 | 50 | 24 | 19 |
| 225 | 24 | 19 | 12 | 90 | 10 | 45 | 25 | 90 | 75 | 16 | 50 | 24 | 19 |
| 250 | 24 | 19 | 12 | 100 | 10 | 56 | 28 | 95 | 80 | 18 | 64 | 30 | 23 |
| 280 | 24 | 19 | 12 | 112 | 10 | 56 | 28 | 125 | 100 | 18 | 64 | 30 | 23 |
| 315 | 30 | 24 | 16 | 125 | 12 | 64 | 32 | 140 | 105 | 20 | 72 | 36 | 29 |

# F. - Outillage et divers

## 1. Assemblages coniques

### 1. CONICITES NORMALES (E. 01.011).

Un tronc de cône est coté normalement par le diamètre d'une base, la conicité et la longueur. Au-delà d'une conicité de 20 %, coter l'angle au sommet au lieu de la conicité. Coter l'angle en degrés, la conicité en fraction décimale ou en %. Ex. : conicité 20 % ou 0,20.

Conicités normales et demi-angle au sommet correspondant.

| Conicité | 1/2 angle au sommet | Exemples d'emploi |
|---|---|---|
| 1 °/₀ | 0° 18' 0" | |
| 2 °/₀ | 0° 34' 23" | Goupilles coniques et goupilles de position |
| 5 °/₀ | 1° 25' 56" | Cônes métriques analogues aux cônes Morse |
| 10 °/₀ | 2° 51' 45" | Bouts d'arbres coniques. |
| (15 °/₀) | 4° 17' 21" | (à éviter autant que possible). |
| 20 °/₀ | 5° 42' 38" | |

### 2. FRAISURES (E. 27.043).

Toutes les fraisures pour boulons, vis, rivets et autres pièces analogues doivent être choisies parmi les suivantes, en évitant si possible les dimensions entre parenthèses.

| Angle de fraisure ..... | 30° | (45°) | 60° | (75°) | 90° | 120° | (135°) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | F | F | F | F | F | F | F |
| Symbole ..... | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 120 | 135 |

## 2. Cônes d'emmanchement d'outils (PN. E. 66.351)

Les cônes d'emmanchement d'outils comprennent :

les cônes Morse, numérotés de 0 à 6, de conicité voisine de 5 % ;

au-dessous du n° 0, les cônes 5 % de diamètre D = 4 et 6 ;

au-dessus du n° 6, les cônes 5 % de diamètre 80 - 100 - 120 - 160 - 200.

Le tableau ci-dessous donne un extrait des dimensions ; sur ce tableau, les valeurs de $D_1$, d et $d_1$ ne sont qu'approximatives ; leur valeur exacte peut être calculée en fonction de la conicité, des dimensions a, L et $l_1$. Le filetage de diamètre $d_8$ est un filetage métrique à gros pas.

Désignation : Exemples : cône Morse n° 4 - cône 5 % 80.

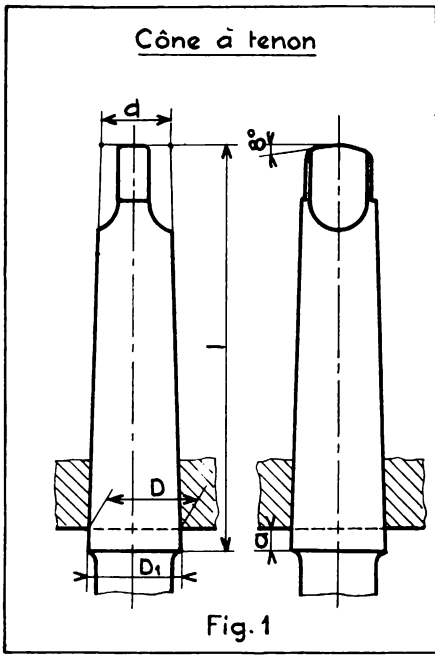



Fig. 1

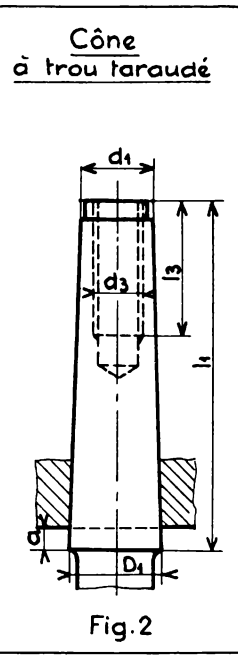



Fig. 2

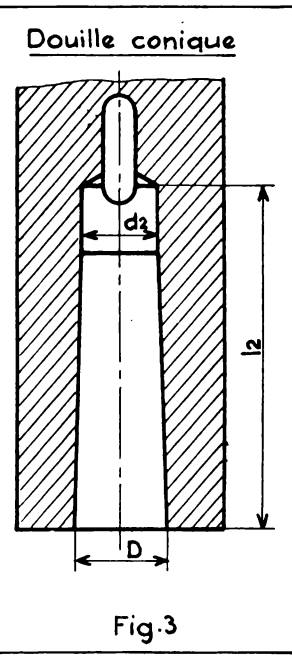



Fig. 3

| | N° | Conicité en % | D | a | $D_1$ | d | l | $d_1$ | $l_1$ | $d_3$ | $l_3$ | $d_2$ | $l_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cônes 5 % | 4 | 5 | 4 | 2 | 4,1 | | | 2,9 | 25 | | | 3 | 25 |
| | 6 | 5 | 6 | 3 | 6,2 | | | 4,4 | 35 | | | 4,6 | 34 |
| Cônes Morse | 0 | 5,205 | 9,045 | 3 | 9,2 | 6,1 | 59,5 | 6,4 | 53 | | | 6,7 | 52 |
| | 1 | 4,988 | 12,065 | 3,5 | 12,2 | 9 | 65,5 | 9,4 | 57 | M 6 | 16 | 9,7 | 56 |
| | 2 | 4,995 | 17,780 | 5 | 18 | 14 | 80 | 14,6 | 69 | M10 | 24 | 14,9 | 67 |
| | 3 | 5,020 | 23,825 | 5 | 24,1 | 19,1 | 99 | 19,8 | 86 | M12 | 28 | 20,2 | 84 |
| | 4 | 5,194 | 31,267 | 6,5 | 31,6 | 25,2 | 124 | 25,9 | 109 | M16 | 32 | 26,5 | 105 |
| | 5 | 5,263 | 44,399 | 6,5 | 44,7 | 36,5 | 156 | 37,6 | 136 | M20 | 40 | 38,2 | 135 |
| | 6 | 5,214 | 63,348 | 8 | 63,8 | 52,4 | 218 | 53,9 | 190 | M24 | 50 | 54,6 | 188 |
| Cônes 5 % | 80 | 5 | 80 | 8 | 80,4 | 69 | 228 | 70,2 | 204 | M30 | 65 | 71,5 | 202 |
| | 100 | 5 | 100 | 10 | 100,5 | 87 | 270 | 88,4 | 242 | M36 | 80 | 90 | 240 |
| | 120 | 5 | 120 | 12 | 120,6 | 105 | 312 | 106,6 | 280 | M36 | 80 | 108,5 | 276 |
| | 160 | 5 | 160 | 16 | 160,8 | 141 | 396 | 143 | 356 | M48 | 100 | 145,5 | 350 |
| | 200 | 5 | 200 | 20 | 201 | 177 | 480 | 179,4 | 432 | M48 | 100 | 182,5 | 424 |

## 3. Centres d'usinage

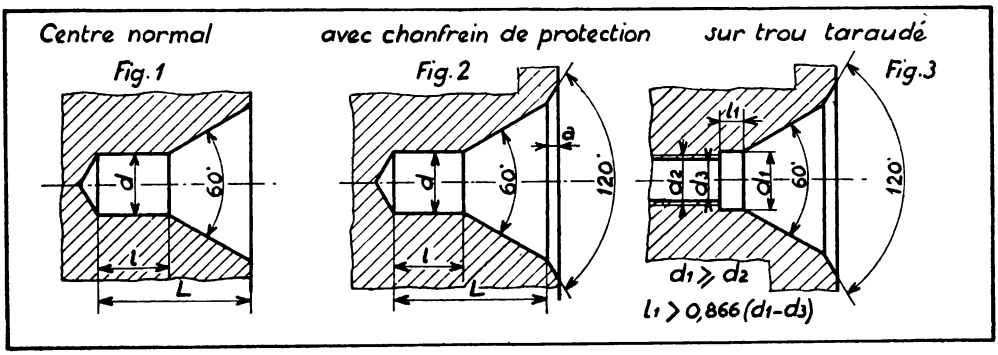
(E. 60.051)

Les centres doivent être conservés, sauf cas d'impossibilité, sur toutes pièces façonnées ou vérifiées entre pointes.

Il est recommandé :

1° De protéger l'alésage conique par un chanfrein de protection (fig. 2).

2° Dans le cas d'un centre sur partie taraudée, de protéger l'alésage conique contre le contact de la vis, et le commencement du filet contre le contact de la pointe (fig. 3).




| d | l mini. | a approx. | L mini. | L maxi. | d | l mini. | a approx. | L mini. | L maxi. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 0,6 | 0,2 | 1 | 1,2 | 3 | 3,6 | 1 | 6,2 | 7,5 |
| 0,75 | 1 | 0,3 | 1,6 | 2 | 4 | 4,8 | 1,2 | 8,3 | 10 |
| 1 | 1,2 | 0,4 | 2 | 2,5 | 5 | 6 | 1,5 | 10,3 | 12,5 |
| 1,5 | 1,8 | 0,6 | 3 | 3,8 | 6 | 7,2 | 1,8 | 12,4 | 15 |
| 2 | 2,4 | 0,8 | 4 | 5 | 8 | 9,6 | 2 | 16,5 | 20 |
| 2,5 | 3 | 0,9 | 5,2 | 6,3 | 12 | 14 | 2,5 | 25 | 30 |

## 4. Rainures (E. 21.301)

1. **RAINURE A T.** Le boulon normal à employer dans les rainures à T est le boulon à tête carrée (Q), dont la tige doit être tournée. La différence entre les valeurs maxima et minima de h a pour but de permettre de retoucher un certain nombre de fois le dessus des tables des machines ; la cote h des tables neuves aura une valeur voisine du maximum.

2. **RAINURE POUR LANGUETTE.**

| a | b | c | h | | e |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | maxi. | mini. | |
| 6 | 11 | 6 | 9 | 6,5 | 2 |
| 8 | 15 | 7 | 12 | 9 | 3 |
| 10 | 18 | 8 | 15 | 11 | 3 |
| 12 | 22 | 11 | 18 | 13 | 4 |
| 16 | 27 | 14 | 24 | 18 | 4 |
| 20 | 33 | 16 | 30 | 22 | 6 |
| 24 | 39 | 20 | 36 | 26 | 6 |
| 30 | 47 | 24 | 45 | 33 | 8 |
| 36 | 56 | 28 | 54 | 40 | 8 |

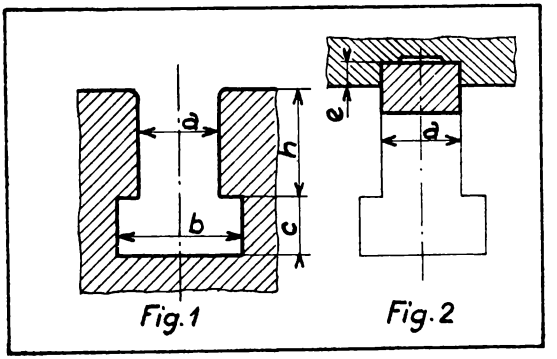


Fig.1 Fig.2

## 5. Rondelles fendues

Rondelles fendues amovibles (E. 27.616).

Rondelles fendues pivotantes (E. 26.617) et vis correspondantes (E. 27.169).

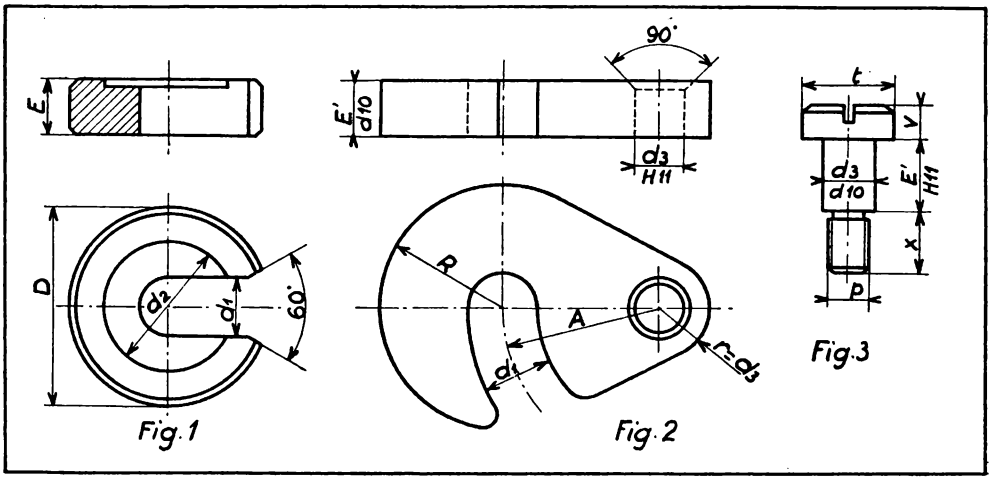


Fig.1 Fig.2 Fig.3

| d nominal | $d_1$ | $d_2$ | D | E | A | R | E' | $d_3$ | p | t | v | x |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 4,25 | 12 | 16 | 6 | 13 | 8 | 6 | 6 | 4 | 10 | 5 | 8 |
| 6 | 6,25 | 16 | 22 | 8 | 19 | 11 | 10 | 8 | 6 | 14 | 6 | 10 |
| 8 | 8,25 | 20 | 28 | 9 | 21 | 14 | 10 | 8 | 6 | | | |
| 10 | 10,25 | 25 | 34 | 10 | 23 | 17 | 10 | 8 | 6 | | | |
| 12 | 12,5 | 30 | 40 | 11 | 29 | 20 | 14 | 10 | 8 | 18 | 7 | 12 |
| 14 | 14,5 | 33 | 48 | 12 | 31 | 24 | 14 | 10 | 8 | | | |
| 16 | 16,5 | 37 | 56 | 13 | 33 | 28 | 14 | 10 | 8 | | | |
| 20 | 21 | 45 | 64 | 14 | 35 | 32 | 14 | 10 | 8 | | | |
| 24 | 25 | 55 | 74 | 16 | 45 | 37 | 20 | 12 | 10 | 22 | 9 | 15 |
| 30 | 31 | 65 | 86 | 18 | 51 | 43 | 20 | 12 | 10 | | | |
| 36 | 37 | 75 | 100 | 20 | 57 | 50 | 20 | 12 | 10 | | | |

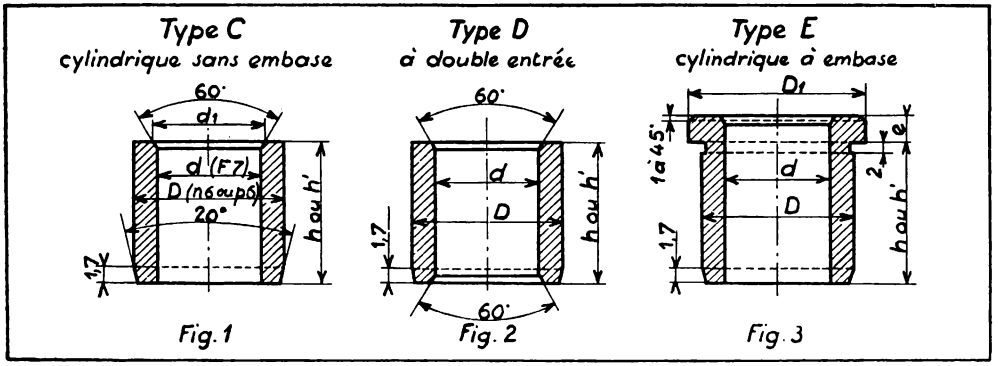
## 6. Canons de perçage (E. 21.001)

Trois types sont prévus : C, D et E (fig. 1, 2 et 3) ; pour chacun, une série basse (B) et une série haute (H). Il existe également des canons de perçage amovibles (E. 21.002 et 003).

Matière : acier fondu ou nitruré pour d ⩽ 10, acier de cémentation pour d > 10.

Tolérances : sur D : n6 (1er emploi) ou p6 (remplacement).
sur d : F7.

Désignation. Ex. : canon de perçage D 10 B (E. 21.001).




| d | | $d_1$ | D | h | h' | $D_1$ | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| de 0 | à 2 | d + 1 | 5 | 5 | 8 | 9 | 2 |
| « 2 | « 3 | d + 1 | 6 | 5 | 8 | 10 | 2,5 |
| 3 | 4,5 | d + 1 | 8 | 8 | 10 | 12 | 2,5 |
| 4,5 | 6 | d + 1 | 10 | 8 | 12 | 14 | 3 |
| 6 | 8 | d + 1 | 12 | 10 | 16 | 16 | 3 |
| 8 | 10 | d + 1 | 15 | 10 | 16 | 19 | 4 |
| 10 | 12 | d + 2 | 18 | 12 | 22 | 22 | 4 |
| 12 | 15 | d + 2 | 22 | 12 | 22 | 26 | 4 |
| 15 | 18 | d + 3 | 26 | 16 | 28 | 30 | 4 |
| 18 | 21 | d + 3 | 30 | 16 | 28 | 35 | 5 |
| 21 | 25 | d + 3 | 35 | 22 | 35 | 40 | 5 |
| 25 | 29 | d + 3 | 40 | 22 | 35 | 46 | 5 |
| 29 | 34 | d + 4 | 46 | 28 | 35 | 52 | 5 |
| 34 | 39 | d + 6 | 53 | 28 | 42 | 61 | 5 |
| 39 | 45 | d + 6 | 60 | 28 | 42 | 68 | 6 |

## 7. Graisseurs

**1. GRAISSEURS STAUFFER** (E. 28.204) (fig. 1).

Désignation. Ex. : graisseur Stauffer n° 5, 16 pas 1,5 (ou 12.17 gaz).

Marquage : numéro en creux sur le couvercle.

Matière : bronze, laiton, acier, fonte malléable, duralumin.

Dispositif de manœuvre du couvercle : moletage ou cannelures ; pour les nos 5, 6 et 7 : carré de manœuvre.

Employer le filet S.I. plutôt que le pas du gaz.

**2. BOUCHONS GRAISSEURS A COUVERCLE A CHARNIERE** (E. 28.201) (fig. 2).

Désignation. Ex. : bouchon graisseur à couvercle à charnière n° 3.

Marquage : numéro en creux sur le couvercle ou sur une face du 6 pans.

Matière : bronze, laiton, acier ou duralumin.

**3. BOUCHONS GRAISSEURS A CHAPEAU TOURNANT** (E. 28.202) (fig. 3).

Désignation. Ex. : bouchon graisseur à chapeau tournant n° 2.

Marquage : numéro en creux sur le corps ou le chapeau.

Matière : bronze, laiton, acier ou duralumin.

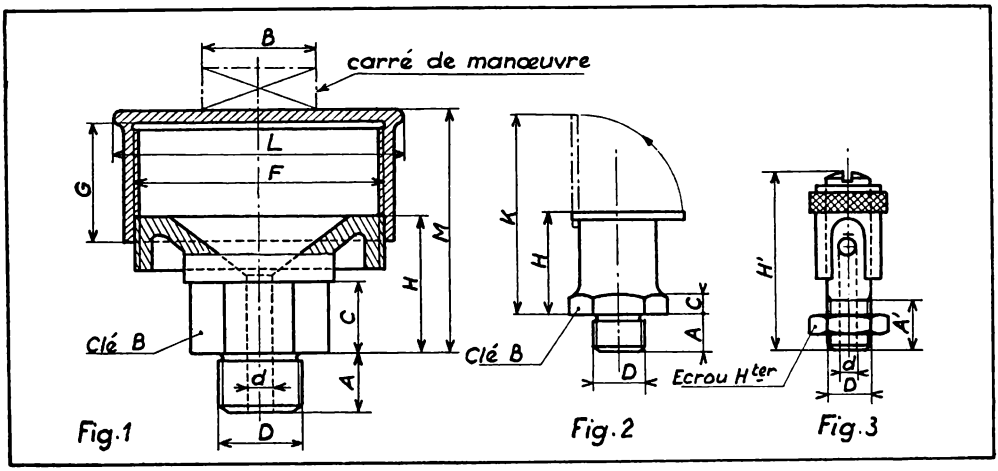
Dispositif de manœuvre du chapeau : moletage ou cannelures.

La lumière est de forme circulaire ou elliptique.

L'écrou H ter est prévu pour permettre l'orientation de la lumière.

Les formes et dimensions non cotées sont laissées à l'initiative du constructeur.

Le C.N.M. a également normalisé les graisseurs compte-gouttes (E. 28.203) et les niveaux d'huile (E. 28.205).



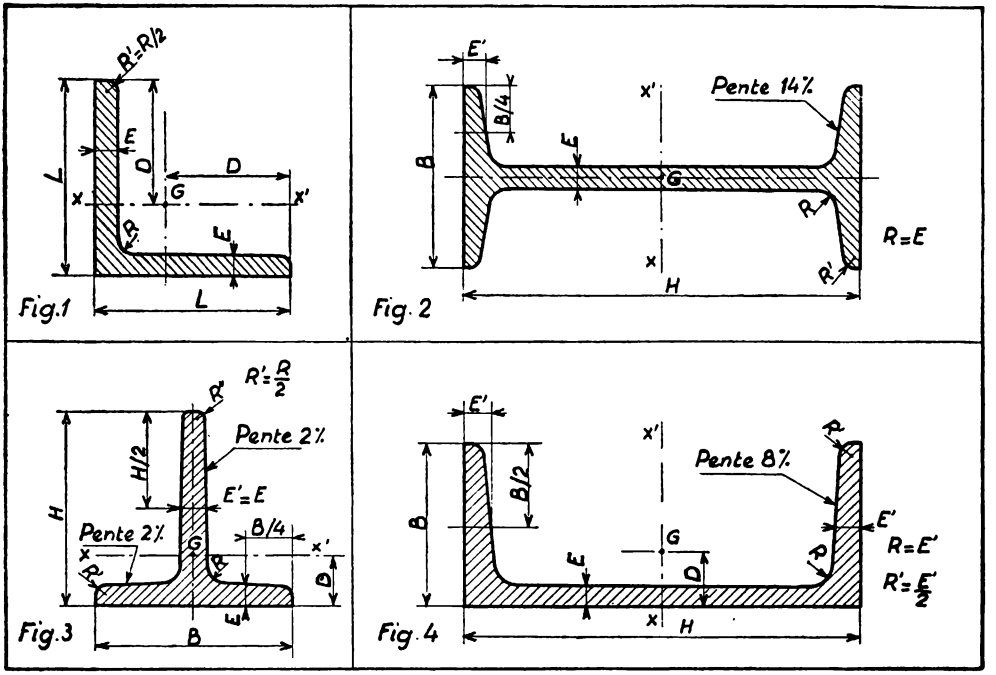

**Graisseur Stauffer**

| N° | F | | D | | | d | A | B | C | G | H | L | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | diam. | pas | diam. | pas | Gaz | | | | | | minim. | maxim. | maxim. |
| 0 | 12 | 1 | 8 | 1,25 | — | 2,5 | 6 | 9 | 6 | 13 | 14 | 16 | 30 |
| 1 | 16 | 1 | 10 | 1,5 | 5-10 | 3 | 7 | 12 | 7 | 15 | 16 | 22 | 34 |
| 2 | 22 | 1,5 | 12 | 1,5 | 8-13 | 4 | 8 | 16 | 9 | 16 | 17 | 30 | 37 |
| 3 | 30 | 1,5 | 12 | 1,5 | 8-13 | 4 | 8 | 16 | 9 | 17 | 18 | 40 | 40 |
| 4 | 39 | 1,5 | 14 | 1,5 | 8-13 | 4 | 10 | 19 | 11 | 20 | 21 | 50 | 45 |
| 5 | 48 | 1,5 | 16 | 1,5 | 12-17 | 4 | 11 | 23 | 14 | 24 | 26 | 60 | 55 |
| 6 | 56 | 1,5 | 18 | 1,5 | 12-17 | 4 | 12 | 23 | 14 | 28 | 30 | 70 | 65 |
| 7 | 68 | 1,5 | 20 | 1,5 | 15-21 | 5 | 14 | 26 | 16 | 31 | 33 | 85 | 70 |

**Bouchons graisseurs**

| N° | D | | A | B | C | H | K | A' | d | H' |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | diam. | pas | | | mini. | environ | maxi. | | maxi. | maxim. |
| 1 | 6 | 1 | 5 | 12 | 3 | 13 | 25 | 8 | 3 | 30 |
| 2 | 8 | 1,25 | 6 | 14 | 3,5 | 15 | 30 | 10 | 4,5 | 35 |
| 3 | 10 | 1,5 | 7 | 17 | 4 | 20 | 38 | 12 | 6 | 40 |

# 8. Profilés




## 1. CORNIÈRES (A. 45.100) L de 16 à 150.

Désignation. Ex. : cornière 50 x 50 x 7.

| L | E | R | Section en cm 2 | Poids en kg/m | D en cm | I/V en cm 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 20x20 | 3 | 3 | 1,12 | 0,88 | 1,4 | 0,28 |
| 25x25 | 3 | 3 | 1,42 | 1,11 | 1,77 | 0,45 |
| | 4 | 3 | 1,85 | 1,45 | 1,74 | 0,58 |
| | 5 | 3 | 2,27 | 1,78 | 1,70 | 0,70 |
| 30x30 | 3 | 3,5 | 1,72 | 1,35 | 2,16 | 0,67 |
| | 4 | 3,5 | 2,25 | 1,77 | 2,11 | 0,86 |
| | 5 | 3,5 | 2,76 | 2,17 | 2,01 | 1,04 |
| 35x35 | 3,5 | 3,5 | 2,34 | 1,84 | 2,52 | 1,05 |
| | 4 | 3,5 | 2,65 | 2,08 | 2,50 | 1,18 |
| | 5 | 3,5 | 3,27 | 2,57 | 2,46 | 1,45 |
| 40x40 | 4 | 4 | 3,06 | 2,40 | 2,87 | 1,59 |
| | 5 | 4 | 3,77 | 2,96 | 2,84 | 1,91 |
| | 6 | 4 | 4,46 | 3,51 | 2,80 | 2,26 |
| | 7 | 4 | 5,13 | 4,03 | 2,76 | 2,59 |
| 45x45 | 4,5 | 4,5 | 3,87 | 3,04 | 3,24 | 2,22 |
| | 6 | 4,5 | 5,06 | 3,97 | 3,18 | 2,89 |
| | 7 | 4,5 | 5,83 | 4,58 | 3,14 | 3,31 |
| 50x50 | 5 | 5 | 4,78 | 3,75 | 3,59 | 3,09 |
| | 6 | 5 | 5,67 | 4,45 | 3,56 | 3,62 |
| | 7 | 5 | 6,54 | 5,13 | 3,51 | 4,15 |
| | 8 | 5 | 7,39 | 5,80 | 3,47 | 4,70 |
| 60x60 | 6 | 6 | 6,88 | 5,40 | 4,30 | 5,36 |
| | 8 | 6 | 9,00 | 7,07 | 4,22 | 6,96 |
| | 10 | 6 | 11,04 | 8,67 | 4,15 | 8,40 |
| 70x70 | 7 | 7 | 9,36 | 7,35 | 5,02 | 8,53 |
| | 9 | 7 | 11,84 | 9,29 | 4,94 | 10,70 |
| | 11 | 7 | 14,24 | 11,18 | 4,86 | 12,80 |
| 80x80 | 8 | 8 | 12,23 | 9,60 | 5,73 | 12,70 |
| | 10 | 8 | 15,07 | 11,83 | 5,66 | 15,60 |
| | 12 | 8 | 17,83 | 14,00 | 5,59 | 18,40 |
| 90x90 | 9 | 9 | 15,48 | 12,15 | 6,45 | 18,10 |
| | 11 | 9 | 18,68 | 14,66 | 6,37 | 21,80 |
| | 13 | 9 | 21,80 | 17,11 | 6,30 | 25,30 |
| 100x100 | 10 | 10 | 19,11 | 15,00 | 7,17 | 24,80 |
| | 12 | 10 | 22,67 | 17,80 | 7,10 | 29,40 |
| | 14 | 10 | 26,15 | 20,53 | 7,01 | 33,75 |

## 2. POUTRELLES I.P.N. (A. 45.200). H de 80 à 500.

Désignation. Ex. : I.P.N. 180.

| H | B | E | E' | R' | Section en cm 2 | Poids en kg/m | I/v en cm3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 42 | 3,9 | 5,9 | 2,3 | 7,58 | 5,95 | 19,5 |
| 100 | 50 | 4,5 | 6,8 | 2,7 | 10,6 | 8,32 | 34,2 |
| 120 | 58 | 5,1 | 7,7 | 3,1 | 14,2 | 11,2 | 54,7 |
| 140 | 66 | 5,7 | 8,6 | 3,4 | 18,3 | 14,4 | 81,9 |
| 160 | 74 | 6,3 | 9,5 | 3,8 | 22,8 | 17,9 | 117 |
| 180 | 82 | 6,9 | 10,4 | 4,1 | 27,9 | 21,9 | 161 |
| 200 | 90 | 7,5 | 11,3 | 4,5 | 33,5 | 26,3 | 214 |
| 220 | 98 | 8,1 | 12,2 | 4,9 | 39,6 | 31,1 | 278 |
| 240 | 106 | 8,7 | 13,1 | 5,2 | 46,1 | 36,2 | 354 |
| 260 | 113 | 9,4 | 14,1 | 5,6 | 53,4 | 41,9 | 442 |
| 280 | 119 | 10,1 | 15,2 | 6,1 | 61,1 | 48 | 542 |
| 300 | 125 | 10,8 | 16,2 | 6,5 | 69,1 | 54,2 | 653 |

## 3, PROFILES EN T (A. 45.150). B de 20 à 120.

Désignation. Ex. : profilé en T 40×45.

| B | H | E | R | R" | Section en cm 2 | Poids en kg/m | D en cm | I/v en cm 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | 30 | 4 | 4 | 1 | 2,26 | 1,770 | 0,85 | 0,80 |
| 30 | 35 | 4 | 4 | 1 | 2,48 | 1,946 | 1,05 | 1,19 |
| 35 | 35 | 4,5 | 4 | 1 | 2,97 | 2,330 | 0,98 | 1,24 |
| 35 | 40 | 4,5 | 4 | 1 | 3,18 | 2,496 | 1,15 | 1,56 |
| 40 | 40 | 5 | 5 | 1 | 3,77 | 2,960 | 1,12 | 1,83 |
| 40 | 45 | 5 | 5 | 1,5 | 4,01 | 3,147 | 1,29 | 2,27 |
| 50 | 50 | 6 | 6 | 1,5 | 5,66 | 4,440 | 1,39 | 3,36 |
| 60 | 60 | 7 | 7 | 2 | 7,94 | 6,230 | 1,66 | 5,48 |
| 80 | 80 | 9 | 9 | 2,5 | 13,60 | 10,680 | 2,22 | 12,80 |

## 4. PROFILES EN U (A. 45.250). H de 30 à 300.

Désignation. Ex. : U 120×55.

| H | B | E | E' | Section en cm 2 | Poids en kg/m | D en cm | I/v en cm 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 45 | 6 | 8 | 11 | 8,64 | 1,45 | 26,5 |
| 100 | 50 | 6 | 8,5 | 13,5 | 10,60 | 1,55 | 41,2 |
| 120 | 55 | 7 | 9 | 17 | 13,40 | 1,6 | 60,7 |
| 140 | 60 | 7 | 10 | 20,4 | 16 | 1,75 | 86,4 |
| 160 | 65 | 7,5 | 10,5 | 26 | 18,80 | 1,84 | 116 |
| 180 | 70 | 8 | 11 | 28 | 22 | 1,92 | 150 |
| 200 | 75 | 8,5 | 11,5 | 32,2 | 25,30 | 2,01 | 191 |
| 220 | 80 | 9 | 12,5 | 37,4 | 29,40 | 2,14 | 245 |
| 240 | 85 | 9,5 | 13 | 42,3 | 33,20 | 2,23 | 300 |
| 260 | 90 | 10 | 14 | 48,3 | 37,90 | 2,36 | 371 |
| 300 | 100 | 10 | 16 | 58,8 | 46,20 | 2,7 | 535 |

# G. - Désignation des métaux et alliages

(d'après NF. A. 02.001, 02.002, 30.010, 30.101, 102, etc.)

## 1. SYMBOLES DE DESIGNATION DES METAUX (Extrait).

| ELEMENT | SYMBOLE | ELEMENT | SYMBOLE | ELEMENT | SYMBOLE |
|---|---|---|---|---|---|
| Aluminium | A | Cuivre | U | Plomb | Pb |
| Antimoine | R | Etain | E | Silicium | S |
| Béryllium | Be | Fer | Fe | Soufre | F |
| Bismuth | Bi | Magnésium | G | Tantale | Ta |
| Bore | B | Manganèse | M | Titane | T |
| Cadmium | Cd | Molybdène | D | Tungstène | W |
| Chrome | C | Nickel | N | Vanadium | V |
| Cobalt | K | Phosphore | P | Zinc | Z |

## 2. DESIGNATION DES METAUX ET ALLIAGES NON FERREUX.

1. **Métaux non ferreux :** symbole du métal, suivi de l'indice de pureté chimique : chiffre de 0 à 9, dont la valeur augmente lorsque la pureté croît, suivant un échelonnement particulier à chaque métal.
   Exemples : U 4 (cuivre à 99,8 %). — A 3 (aluminium à 98 %).
2. **Alliages non ferreux.** Désignation : deux groupes de lettres ou chiffres, séparés par un tiret :
   a) Symbole du métal de base, suivi éventuellement de l'indice de pureté chimique ;
   b) Symbole des éléments d'addition, chacun d'eux étant suivi de sa teneur
   Exemples : U-Z 10 (laiton à 10 % de zinc) ; U-E 9 (bronze à 9 % d'étain).
3. **Désignation des modes d'obtention et états de livraison :**
   La désignation comprend une lettre suivie de trois chiffres :
   une lettre : X pour un métal corroyé, Y pour un métal moulé ;
   un premier chiffre précisant le mode d'obtention ;
   un deuxième chiffre indiquant le traitement thermique final ;
   un troisième chiffre indiquant le traitement mécanique final.

**Mode d'obtention (1er chiffre)**

| Chiffre | X : métal corroyé | Y : métal moulé |
|---|---|---|
| 0 | X0 : non défini | Y0 : non défini |
| 1 | X1 : forgé | Y1 : lingot |
| 2 | X2 : matricé ou estampé, ou embouti | Y2 : moulage en sable |
| 3 | X3 : filé à la presse | Y3 : moulage en coquille |
| 4 | X4 : laminé à chaud | Y4 : moulage sous pression |
| 5 | X5 : laminé à froid | Y5 : par concréfaction (frittage) |
| 6 | X6 : étiré à froid | |
| 7 | X7 : tréfilé à froid | |
| 8 | X8 : profilé à froid | |
| 9 | X9 : suivant prescriptions | Y9 : suivant prescriptions |

**Etat de livraison (2e et 3e chiffres)**

| Chiffre | Traitement thermique | Traitement mécanique |
|---|---|---|
| 0 | Aucun traitement, ou traitement non spécifié. | |
| 1 | Recuit | Ecroui 1/4 dur |
| 2 | Trempé | Ecroui 1/2 dur |
| 3 | Trempé et revenu | Ecroui 3/4 dur |
| 4 | Trempé et mûri | Ecroui 4/4 dur |
| 5 | Stabilisé | Ressort |
| 6 | — | Dressé ou plané |
| 7 | — | — |
| 8 | — | Ecrouté |
| 9 | Suivant prescriptions | Suivant prescriptions |

Exemples de désignation :
Etat X 501 : laminé à froid, sans traitement thermique, écroui 1/4 dur.
Etat Y 330 : moulé en coquille, trempé et revenu, sans traitement mécanique.

## 3. DESIGNATION DES FONTES.

1. **Fonte grise de moulage.**
Désignation : symbole Ft (fonte-traction) suivi du nombre représentant sa résistance minimum à l'extension. Ex. : Ft 22.
Qualités courantes : Ft 14 - Ft 18 - Ft 22.
Fontes à haute résistance : Ft 26 et Ft 30. Moulage et usinage difficiles.
2. **Fonte malléable.**
Désignation : symbole MB (fonte malléable à cœur blanc ou européenne) ou MN (fonte malléable à cœur noir ou américaine), suivi de la charge de rupture minimum et de l'allongement A % minimum.
Exemple : MN 35.15.
Qualités courantes :
Fonte malléable à cœur blanc : MB 35.5 et MB 35.10.
Fonte malléable à cœur noir : MN 35.5 ; MN 35.10 ; MN 35.15 ; MN 38.18.

## 4. DESIGNATION ET CLASSIFICATION DES ACIERS.

1. **Aciers non alliés :** aciers n'ayant fait l'objet d'aucune addition **volontaire** d'éléments d'alliage, et dont la teneur en éléments autres que le carbone reste inférieure à 0,1 %, sauf en ce qui concerne certains éléments : M (1,2 %) - S (1 %) - N (0,5 %) - C (0,25 %), etc.
2. **Aciers alliés :** aciers dont la teneur en éléments d'alliage dépasse ces valeurs limites.
3. **Aciers d'usage courant :** aciers dont l'élaboration n'a pas été conduite en vue d'une application déterminée ; ils sont définis par leurs caractéristiques mécaniques ; leur composition chimique n'est pas garantie ; ce sont en général des aciers non alliés.
4. **Aciers spéciaux :** aciers élaborés et traités en vue d'un emploi déterminé ; ils sont définis par leur composition chimique ; ils peuvent être alliés ou non alliés. Ils comprennent les aciers de construction pour traitements thermiques et les aciers pour outils.

## 5. ACIERS NON ALLIÉS D'USAGE COURANT.

1. **Aciers pour lesquels aucune caractéristique mécanique n'est précisée :** c'est l'acier ordinaire du commerce ne comportant qu'une seule nuance : acier doux. Symbole : ADx.
2. **Aciers pour lesquels on exige un minimum de résistance à la rupture par traction.** La désignation est constituée par :
   a) La lettre A.
   b) La charge de rupture minimum (ou nuance) en kgf par $mm^2$, suivie éventuellement de l'indice d'utilisation principale (T pour tôles « construction », N pour tôles « coques », C pour tôles « chaudières »).
   c) Un nombre indiquant l'indice de qualité. Soit R la charge de rupture, A l'allongement pour cent, le nombre $N = R + 2{,}5\ A$ définit la qualité; il est représenté par un chiffre appelé « indice de qualité », croissant dans le même sens que N ; par exemple, pour l'acier A 33, la qualité 2 correspond à $N = 110$, la qualité 3 à $N = 116$, etc. ; les qualités courantes vont de 1 à 4 pour les aciers d'usage courant.
   d) Un indice de pureté chimique, définissant les teneurs en F, P et F + P; il se désigne par les lettres a, b, c, d, etc., dans l'ordre de pureté croissante.
   e) Eventuellement :
      — un indice de soudabilité (S) se substituant à l'indice de pureté ;
      — un indice de recuit (r) ;
      — le mode d'élaboration du métal : convertisseur, four Martin, etc.
      Exemple : A 33 2d — A 37 3S

**Utilisation :** demi-produits pour forge ; laminés à chaud ; profilés ; fers ronds, carrés, plats ; larges plats ; tôles.

**Nuances les plus courantes :**

| DÉSIGNATION | AD x | A 33 | A 37 | A 42 | A 48 | A 56 | A 65 | A 75 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| R kgf : $mm^2$ | 33 à 50 | 33-40 | 37-44 | 42-50 | 48-56 | 56-65 | 65-75 | 75-86 |
| Nuance | doux | extra-doux | | doux | mi-doux | mi-dur | dur | |

## 6. ACIERS SPÉCIAUX, alliés ou non alliés, pour traitements thermiques (aciers de construction et aciers pour outils).

1. **Aciers de construction non alliés.**
   A. **Aciers de qualité courante,** pour traitements thermiques. Désignation :
      a) La lettre C.
      b) Un nombre entier égal à 100 fois la teneur moyenne en carbone, à 0,05 % près.
      c) Eventuellement, la lettre S impliquant une garantie de soudabilité

d) Une lettre minuscule indiquant l'indice de pureté chimique.
Exemple : C 35 d (acier à 0,35 % de carbone).

**Nuances les plus courantes :**

| DÉSIGNATION | C 10 | C 12 | C 20 | C 28 | C 35 | C 45 | C 55 | C 65 | C 70 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Teneur en carbone | 0,05 à 0,15 | 0,07 à 0,17 | 0,15 à 0,25 | 0,22 à 0,32 | 0,30 à 0,40 | 0,40 à 0,50 | 0,50 à 0,60 | 0,60 à 0,70 | 0,65 à 0,75 |
| R kgf : mm² | 33-40 | 40-45 | 42-50 | 48-56 | 56-66 | 65-75 | 75-85 | 85-95 | 90-100 |
| Nuance | extra-doux | | doux | mi-doux | mi-dur | dur | | extra-dur | |

B. **Aciers fins,** à caractéristiques serrées, pour traitements thermiques ; ils sont soumis à des prescriptions plus étroites quant à la composition en carbone, soufre et phosphore.
Désignation : la même que les aciers de qualité courante, mais la lettre C est précédée de la lettre X. Exemple : XC 10 f.
Nuances les plus courantes : XC 10 - 12 - 18 - 25 - 32 - 35 - 38 - 42 - 45 - 48 - 55 - 65 - 70 - 80.

2. **Aciers alliés.**

A. **Aciers faiblement alliés,** dans lesquels aucun élément d'addition n'atteint 5 %. Désignation :

a) Un nombre entier égal à 100 fois la teneur moyenne en carbone.
b) Une lettre, ou une série de lettres, symbolisant les principaux éléments d'addition, dans l'ordre des teneurs décroissantes.
c) Un nombre indiquant la teneur de l'élément d'addition contenu dans la plus grande proportion, cette teneur étant multipliée par quatre pour C, K, M, N, S, et par dix pour les autres éléments.
d) Eventuellement, un nombre indiquant la teneur d'un autre élément d'addition.

Exemples :
100 C 6 (acier à roulement) : 0,95 à 1,1 % de carbone ; 1,3 à 1,6 % de chrome.
45 S 8 (acier à ressort) : 0,42 à 0,50 % de carbone ; 1,7 à 2,1 % de silicium.

B. **Aciers fortement alliés,** dans lesquels un élément d'addition au moins atteint 5 %. Désignation :

a) La lettre Z.
b) Un nombre entier égal à 100 fois la teneur moyenne en carbone.
c) Une lettre, ou une série de lettres, symbolisant les principaux éléments d'addition, dans l'ordre des teneurs décroissantes.
d) Un nombre indiquant la teneur de l'élément d'addition contenue dans la plus forte proportion

e) Eventuellement un autre nombre indiquant la teneur d'un 2e élément d'addition.

Exemples :

Z 30 C 13 (acier inoxydable) : 0,25 à 0,35 % de carbone ; 12 à 14 % de chrome.

Z 90 KCW 38 (acier à aimant) : 0,90 % de carbone ; 35 à 41 % de cobalt ; 3,5 à 5,75 % de chrome ; 3,5 à 5,75 % de tungstène.

## 7. ACIERS NON ALLIÉS POUR MOULAGE.

Désignation : lettre A suivie d'un nombre représentant la résistance à la rupture par traction et de la lettre M signifiant « moulé ».

Exemple : A 40 M.

Nuances courantes : A 40 M - A 48 M - A 56 M - A 65 M.

## 8. APPLICATIONS. Exemples de métaux, alliages et aciers.

1. **Cuivre et ses alliages.**
   a) **Cuivre.** Qualités normalisées :
   Cuivre raffiné : ($Cu/a_1$ - $Cu/a_2$ - $Cu/a_3$), raffiné désoxydé (Cu/b). Raffiné exempt d'oxygène : ($Cu/c_1$ et $Cu/c_2$), en cathode (Cu/d).
   b) **Laiton.** Qualités normalisées : U-Z 10 ; U-Z 15 ; U-Z 28 ; U-Z 30 ; U-Z 33 ; U-Z 36 ; U-Z 40, etc.
   c) **Bronze.**
   U-E5 ; U-E8 ; U-E10 : usages généraux, robinetterie, construction mécanique.
   U-E12 ; U-E14 ; U-E16 : bronze pour frottements ; douilles, coussinets.
   U-E18 : grande résistance et grande dureté.
   U-E7P et U-E9P : bronze phosphoreux pour ressorts, frettes
   d) **Bronze d'aluminium :** U-A6 ; U-A8 ; U-A10.
   e) **Maillechort.** U-N26Z17 : résistances électriques ; U-Z27N18 : ressorts ; U-Z22N15 : pièces de monnaie.

2. **Aluminium et ses alliages.**
   a) **Aluminium.** Qualités normalisées, par ordre de pureté croissante : A2 (bas titre) ; A4 (99 %) ; A5 (99,5 %) ; A7 (99,7 %) ; A8 (99,8 %) ; A9 (99,9 %).
   b) **Alliages de fonderie.** Alpax (A-S13) ; alumag (A-G6) ; alliage APM (A-U5GT).
   c) **Alliages de forge.** Duralinox (A-G3 et A-G5) ; almasilium (A-SG) ; almélec (A-GS) ; duralumin (A-U4G).

3 **Alliages de zinc :** zamak (Z-A4G, Z-A4U, etc.).

4 **Alliages de magnésium :** G-A3Z1 ; G-A6Z3, etc.

5. **Aciers.**

a) **Aciers non alliés** d'usage courant (classe A) : voir p. précédentes.

b) **Aciers de construction non alliés** (classes C et XC) : voir p. précédentes.

c) **Aciers alliés.**
Au nickel : 10 N8 ; 20 N8 ; 18 N12 ; Z 12 N5, etc.
Au chrome : 12 C3 ; 32 C4 ; 45 C6 ; 100 C6, etc.
Au nickel-chrome : 10 NC6 ; 20 NC6 ; 30 NC11, etc.
Au nickel-chrome molybdène: 25 NCD15 ; 40 NCD19, etc.
Au chrome-vanadium : 30 CV4.

d) **Aciers pour traitements thermiques.**
Aciers trempants. Non alliés : C20 ; C35 ; C50 ; C65.
Alliés : 20 N8 ; 16 NC6 ; 14 NC11 ; 25 NC11 ; 35 CD4, etc.
Aciers auto-trempants : 40 NC17 ; 32 NCD15 ; 40 NCD19, etc.
Aciers de cémentation : XC8 ; XC10 ; 10 N8 ; 16 NC6 ; 20 NC12, etc.
Aciers de nitruration : 30 CAD6-12 ; 20 CD12, etc.

e) **Aciers à propriétés particulières.**
Aciers de grande dureté, résistants à l'usure : 100 C6 (roulements) ; 45 C4 ; Z 120 M12, etc.
Aciers inoxydables : Z 8C17 ; Z 20C13 ; Z 12CN16 ; Z 12CN18-8, etc.
Aciers à haute résistance à température élevée : 30NCD12 ; 35CD4.
Aciers réfractaires : Z20CN25-5 ; Z10CNS25-13, etc.

6. **Matériaux pour ressorts.**

Aciers non alliés : XC55 ; XC65 ; XC70, etc.
Aciers alliés : 45S8 ; 55S8 ; 45C4 ; 60C2 ; 50CV4, etc.
Bronze phosphoreux : U-E7P ; U-E9P.
Alliages de nickel : métal Monel (Ni + Cu), métal Inconel (Ni + Cr + Fe)

7. **Matériaux magnétiques.**

Aciers au silicium, pour tôles magnétiques : 8S12.
Aciers pour aimants : XC90 ; Z90KCW38, etc.

8. **Métaux pour résistances électriques.**

Maillechort : U-N26Z17.
Aciers alliés : Z10NC12-12 ; Z10NC50-25 ; Z10NC80-20, etc

# Index alphabétique


**A** - Ajustements . . . . . 90
Angles (tracé) . . . . . 10
Arbres cannelés et dentelés 157
Arbres de transmission . . 152
Axes d'articulation . . . 151

**B** - Bagues d'arrêt . . . . . 152
Boulons à bois . . . . . 148
Boulons sur métaux . . . 132
Bouts d'arbre . . . . . 152

**C** - Canons de perçage . . 176
Carrés d'entraînement . . 167
Cartouche d'inscriptions . 44
Centres d'usinage . . . 174
Chaînes . . . . . 166
Circlips . . . . . 146
Circonférences (tracé) . . 12
Clavettes . . . . . 154
Cônes d'outillage . . . . 173
Cônicités . . . . . 172
Constructions géométriques 8
Cotation . . . . . 62
Courbes usuelles . . . . 18
Coupes . . . . . 54

**D** - Descriptive . . . . . 22
Développante de cercle . 20

**E** - Echelles . . . . . 52 et 85
Ecrous normaux . . . . 136
Ecrous spéciaux . . . . 141
Ecriture . . . . . 46
Ellipse . . . . . 18
Engrenages . . . . . 110

**F** - Façonnage (signes) . . . 60
Filetages . . . . . 102
Freins d'écrous . . . . 144

**G** - Goujons . . . . . 132
Goupilles . . . . . 142
Goupilles cannelées . . . 145
Graisseurs . . . . . 177

**H** - Hachures . . . . . 55
Hélice . . . . . 21

**I** - Intersections . . . . . 32

**L** - Lamages . . . . . 139
Longueurs de tige . . . 134

**M** - Manettes de blocage . . 169
Manivelles équilibrées . . 170
Matériel de dessin . . . 6
Métaux et alliages . . . 180
Mise au net . . . . . 83

**N** - Nombres normaux . . . 123
Nomenclature . . . . . 44
Notations abrégées . . . 126

**O** - Ovale . . . . . 18
Organes de transmission . 152

**P** - Paliers . . . . . 158
Parabole . . . . . 20
Parallèles . . . . . 10
Particularités de représentation 58
Perpendiculaires . . . . 8
Perspective . . . . . 40
Poignées de manivelle . . 168
Polygones réguliers . . . 16
Poulies . . . . . 158
Profilés . . . . . 178
Projections . . . . . 50

**R** - Raccordements . . . . 14
Rainures à T . . . . . 174
Ressorts . . . . . 76
Rivets (dimensions) . . . 147
Rivets (symboles) . . . . 79
Rondelles . . . . . 142
Rondelles fendues . . . 175
Roue et vis sans fin . . 118
Roulements (dimensions) . 162
Roulements (symboles) . . 78

**S** - Sections . . . . . 56
Soudures . . . . . 80
Supports de paliers . . . 160

**T** - Tangentes (tracé) . . . . 12
Traits . . . . . 49
Trous pour vis et boulons . 139
Tubes filetés . . . . . 150

**U** - Usinage (signes) . . . . 60

**V** - Vis d'assemblage . . . . 128
Vis de pression . . . . 130
Vis de blocage . . . . 140
Vis à bois . . . . . 148
Volants de manœuvre . . 171

# Table des matières


1. **Généralités** . . . . . 5
2. **Constructions géométriques** . . . . . 8
3. **Géométrie descriptive** . . . . . 22
4. **Perspective** . . . . . 40
5. **Conventions du dessin industriel**
   - Présentation des dessins . . . . . 44
   - Ecritures . . . . . 46
   - Traits . . . . . 49
   - Projections . . . . . 50
   - Coupes et sections . . . . . 54
   - Particularités de représentation . . . . . 58
   - Indications de façonnage . . . . . 60
   - Cotation . . . . . 62
   - Représentations simplifiées
     - Ressorts . . . . . 76
     - Roulements et butées . . . . . 78
     - Rivets . . . . . 79
     - Soudures . . . . . 80
6. **Problèmes du dessin industriel** . . . . . 83
7. **Ajustements** . . . . . 90
8. **Filetages** . . . . . 102
9. **Engrenages**
   - Engrenages cylindriques . . . . . 110
   - Engrenages hélicoïdaux . . . . . 114
   - Engrenages coniques . . . . . 116
   - Roue et vis sans fin . . . . . 118
   - Représentation des engrenages . . . . . 121
10. **Tableaux de normalisation**
    - A. **Nombres normaux** . . . . . 123
    - B. **Notations abrégées** . . . . . 126
    - C. **Eléments d'assemblage**
      - Vis d'assemblage sur métaux . . . . . 128
      - Vis de pression . . . . . 130
      - Boulons et goujons . . . . . 132

Longueurs de tige et de filetage . . . . . 134
Ecrous . . . . . 136
Lamages. Trous pour vis et boulons . . . . . 139
Vis de blocage, patin et têtes . . . . . 140
Rondelles, goupilles . . . . . 142
Freins d'écrous, rondelles à dents . . . . . 144
Goupilles cannelées et élastiques . . . . . 145
Anneaux d'arrêt et goupilles Cavalier . . . . . 146
Rivets . . . . . 147
Boulons et vis à bois . . . . . 148
Tubes filetés . . . . . 150
Axes d'articulation . . . . . 151

D. **Organes de transmission**
Arbres, bouts d'arbres, bagues d'arrêt . . . . . 152
Clavettes longitudinales . . . . . 154
Arbres cannelés et dentelés . . . . . 157
Poulies, manchons, paliers . . . . . 158
Supports de paliers . . . . . 160
Roulements et butées . . . . . 162
Chaînes . . . . . 166

E. **Organes de manœuvre**
Carrés d'entraînement . . . . . 167
Poignées de manivelles . . . . . 168
Manettes de blocage . . . . . 169
Manivelles équilibrées . . . . . 170
Volants de manœuvre . . . . . 171

F. **Outillage et divers**
Assemblages coniques . . . . . 172
Cônes d'emmanchement d'outils . . . . . 173
Centres d'usinage . . . . . 174
Rainures . . . . . 174
Rondelles fendues . . . . . 175
Canons de perçage . . . . . 176
Graisseurs . . . . . 176
Profilés . . . . . 178

G. **Désignation des métaux et alliages** . . . . . 180

**Index alphabétique** . . . . . 186

Achevé d'imprimer
sur les presses des
Ateliers Henri Peladan
O. P. L. n° 31 - 2468
— à Uzès (Gard) —
- en Août 1964 -

## 4. COTATION DES SURFACES CONIQUES (FD.E 04.019)

1. **Détermination d'une surface conique** : une surface conique est définie par son axe, son ouverture (angle ou demi-angle au sommet, ou conicité) et par la position le long de l'axe d'un plan de section droite, de diamètre théorique donné et convenablement choisi, appelé « plan de jauge » (fig. 13). La valeur du diamètre de jauge est encadrée, sur le dessin, pour montrer qu'il s'agit d'une cote de construction, non tolérancée. La position du cône est définie par la position du plan de jauge, celui-ci pouvant être matérialisé au moyen d'un calibre de vérification.

2. **Cotation.** Pour la cotation du cône, on peut distinguer deux cas :

   1. **Cône d'appui** : le cône à coter joue, vis à vis du cône conjugué de la contre-pièce, le rôle de surface d'appui ; dans ce cas, il doit y avoir portée aussi parfaite que possible des 2 cônes conjugués l'un sur l'autre, ce qui conduit à prévoir, sur chacun d'eux, la même ouverture avec, pour celle-ci, une tolérance de fabrication extrêmement réduite. Dans la pratique, il arrive que cette condition, considérée comme explicite, ne soit pas figurée sur le dessin (fig. 14) ; le plus souvent, toutefois : ou bien on précisera la tolérance d'ouverture, avec son sens (fig. 15) ; ou bien on précisera en langage clair, sur le dessin, l'ajustage des 2 cônes conjugués l'un sur l'autre (fig. 16).

      **Remarques**

      1. La valeur du diamètre de jauge étant généralement la même pour les 2 surfaces coniques conjuguées, les plans de jauge doivent théoriquement venir en coïncidence lorsque les 2 pièces sont assemblées ; mais il se produit souvent un certain serrage, et le plan de jauge du cône intérieur dépasse souvent celui du cône extérieur.

      2. C'est par rapport au plan de jauge que seront cotées les positions de chacune des 2 surfaces terminales du tronc de cône considéré.

   2. **Cône terminal** : dans ce cas, la position de chaque cône est cotée par rapport à une surface d'appui, généralement plane, extérieure au cône. Par suite des limites imposées à cette cote par la tolérance de position prescrite, le plan de jauge est astreint à rester à l'intérieur d'une zone de tolérance comprise entre 2 plans parallèles ; il en résulte que la surface conique qui lui est attachée est elle-même astreinte à rester à l'intérieur d'une zone de tolérance comprise entre 2 surfaces coniques limites ayant pour ouverture l'ouverture nominale (fig. 17). On remarquera que, dans ce cas, il est indifférent d'encadrer le diamètre de jauge et de tolérancer la cote de position (fig. 17), ou au contraire d'encadrer la cote de position du plan de jauge et de tolérancer le diamètre de jauge (fig. 18). L'ouverture nominale indiquée sur le dessin est l'ouverture aux limites de la zone de tolérance, elle n'est donc pas elle-même tolérancée, ce qui s'exprime en encadrant sa cote.

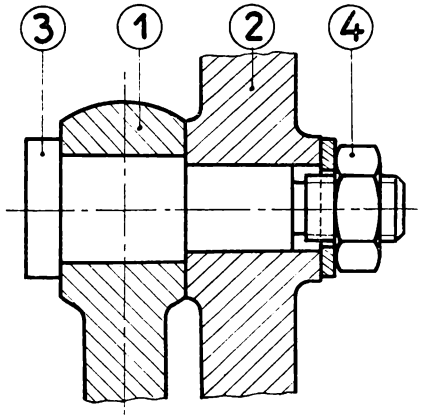



Fig. 1

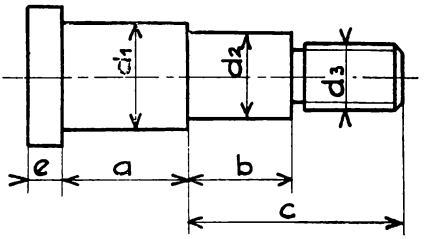



Fig. 2

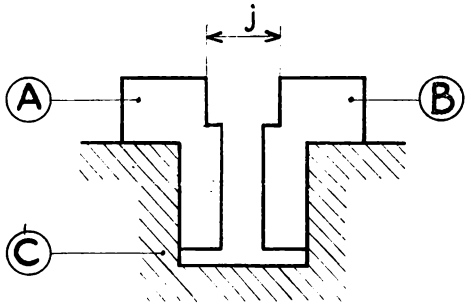



Fig. 3

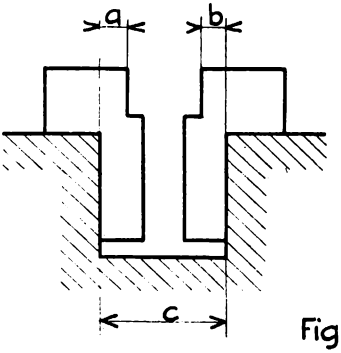



Fig. 4

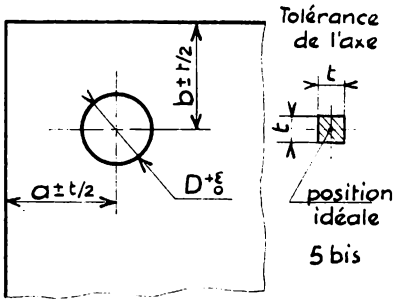



Fig. 5

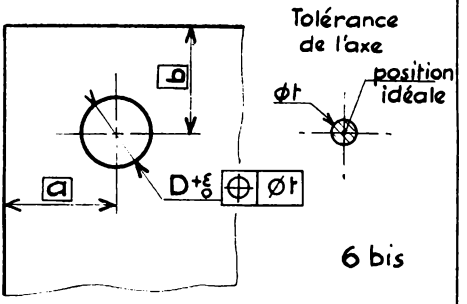



Fig. 6

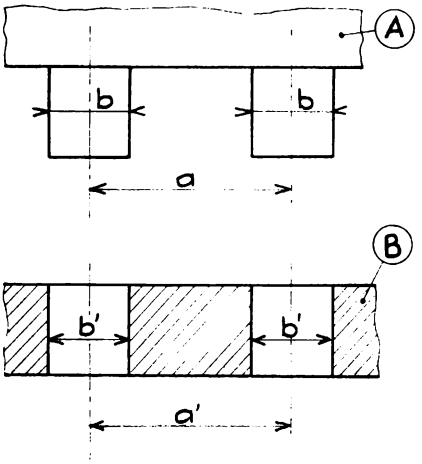



Fig.7

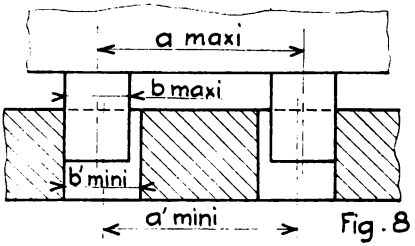



Fig.8

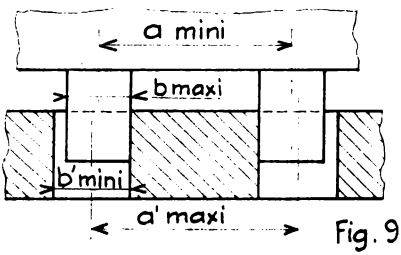



Fig.9

## Cas d'un alésage.

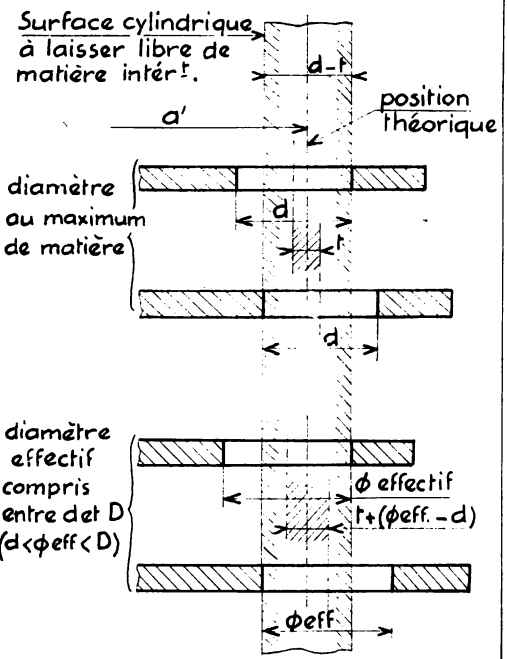



Fig.10

## Cas d'un arbre.

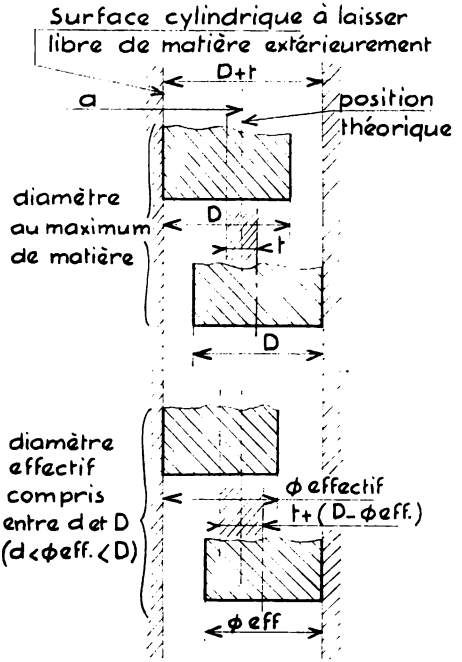



Fig.11

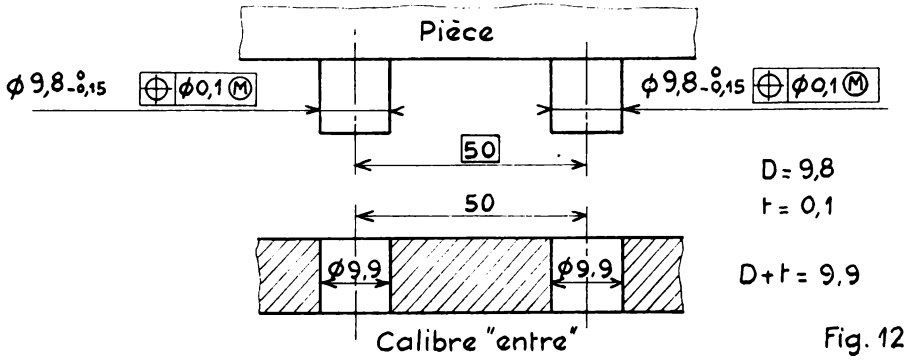



Fig. 12

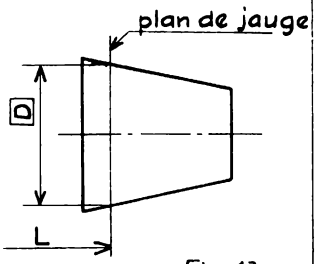



Fig. 13

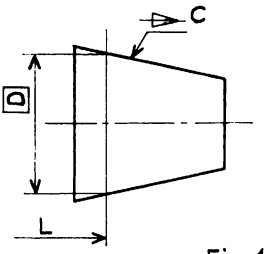



Fig. 14

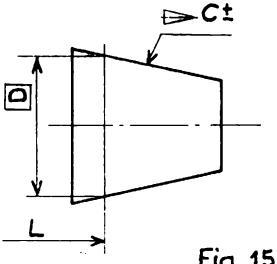
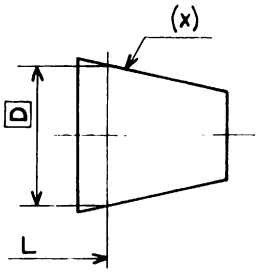
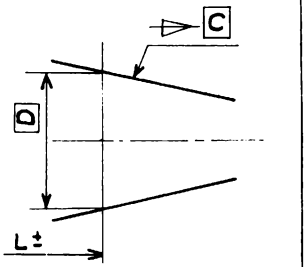



Fig. 15




(x) ▷ C obtenue par ajustage sur...

Fig. 16



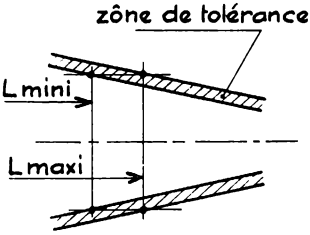
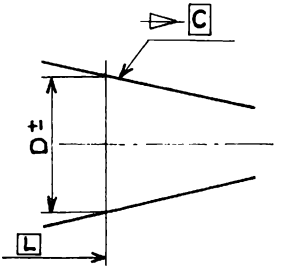




Fig. 17



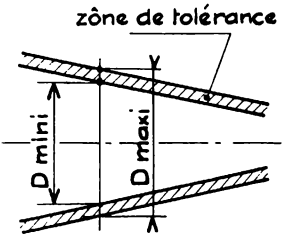




Fig. 18